

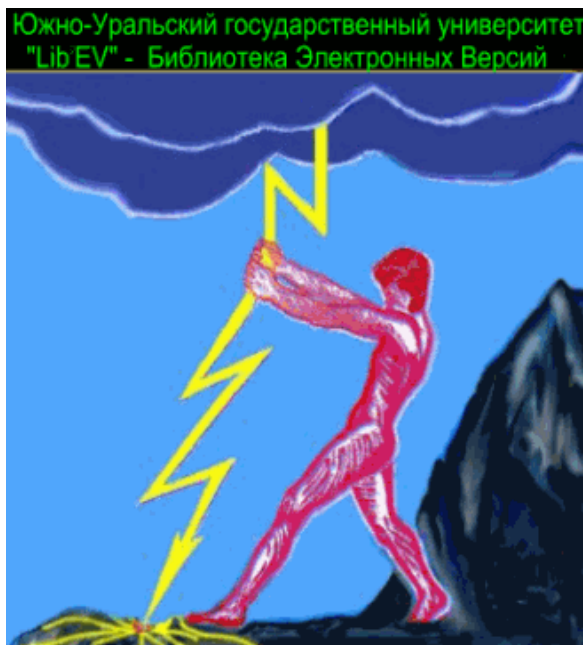
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет

621.9
П785

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Тематический сборник научных трудов

Компьютерная версия



Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2007

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет

621.9
П785

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Тематический сборник научных трудов

Компьютерная версия

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2007

УДК 621.9 + 621.002.2
П785

Редакционная коллегия:
В.И. Гузеев (гл. редактор), И.А. Щуров,
П.Г. Мазеин (ответственный за выпуск), Ю.И. Мясников, В.Ю. Шамин

Рецензенты:
канд. техн. н. Г.Г. Созыкин, А.И. Ромоданов.

П785 Прогрессивные технологии в машиностроении: тематический
сборник научных трудов / редколлегия: В.И. Гузеев (гл. редактор) и др.
Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 239 с.

© Прогрессивные технологии в машиностроении: тематический
сборник научных трудов / редколлегия: В.И. Гузеев (гл. редактор) и др.
— Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. — 239 с.

ISBN 5-696-03637-6

В сборнике изложены результаты научных исследований, выполненных преподавателями, инженерами, аспирантами и студентами кафедр “Технология машиностроения” и “Станки и инструмент” Южно-Уральского государственного университета в 2005–2006 гг.

Рассматриваются проблемные вопросы технологии обработки деталей из различных конструкционных материалов лезвийными и абразивными инструментами, работающими с удалением и без удаления стружки. Это — вопросы получения заданного качества поверхностей и требуемой точности обработки, оптимизации и управления процессами резания, проектирования инструментов и оснастки, использования станков с ЧПУ и ЭВМ для технологической подготовки производства и другие.

Сборник предназначен для инженерно-технических работников предприятий машиностроения, проектно-технологических организаций, научных работников и студентов, обучающихся по машиностроительным специальностям.

УДК 621.9 + 621.002.2

ISBN 5-696-03637-6

© Издательство ЮУрГУ, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Кошин А.А., Дьяконов А.А. Импульсный стохастический характер температурного поля детали в зоне шлифования	6
Дьяконов А.А. Влияние схемы обработки на поле температуры самоподогрева детали при шлифовании	11
Кошин А.А., Дьяконов А.А., Кондаков В.Н. Исследование режущих свойств абразивных зерен методом микрорезания.	16
Кошин А.А., Дьяконов А.А., Сопельцев А.В. Особенности температурного поля в зоне контакта при обдирочном шлифовании	20
Пугач П.Г., Чуйков А.Б., Шамин В.Ю. Передача и внедрение в действующее производство предприятия учебно-методического комплекса	26
Сурков И.В., Курочкин А.С. Программно-аппаратный комплекс для автоматизированного контроля на базе системы технического зрения	28
Курочкин А.С. Использование оптимальных форматов хранения информации в цифровой фотометрии	30
Сурков И.В., Буртовой В.М. Способы передачи сигналов при работе контактных датчиков	33
Сурков И.В., Мягкова М.В. Методы и средства контроля эвольвентных поверхностей.	36
Суркова А.И., Буртовой В.М. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ за счет применения систем автоматизированного контроля	39
Гузеев В.И., Суркова А.И. Диагностика режущих инструментов на станках с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерно-расточной группы. . .	39
Кошин А.А., Кондаков В.Н. Показатели и динамика износа абразивных зерен	45
Батуев В.А., Юмин С.А. Анализ расчета сил закрепления заготовок в трехкулачковом патроне	52
Батуев В.А., Юмин С.А. Определение факторов, оказывающих влияние на коэффициент трения-сцепления	53
Сырейщикова Н.В., Сырейщиков А.А. Методика оценки качества гибкого абразивного инструмента по прочности закрепления зерна связкой	60
Шаламов В.Г., Зимовец Е.А. Анализ диапазона изменения угла профилирования	66
Сарайкин А.М., Прыгунов Д.В. Объем металла, срезаемого кругом при профильном шлифовании	71
Шаламов В.Г., Сметанин С.Д., Резниченко К.А., Зимовец Е.А., Шангареева Е.А. Экспериментальное определение размеров профиля винтовой поверхности	73

Псарев С.А., Мазеин П.Г. Методика использования программного пакета “Аналитика и диагностика”	79
Гатитулин М.Н., Мазеин П.Г., Дербичев М.Б. Технологические возможности производства металлических волокон ротационными инструментами	83
Пестов С.П., Мазеин П.Г. Обеспечение точности на стадии технологической подготовки производства деталей с отверстиями на станках с ЧПУ	85
Псарев С.А., Мазеин П.Г., Лукманов Э.Ш. Тестирование знаний по системам ЧПУ класса PCNC	90
Свиридов С.Н., Мазеин П.Г. Моделирование имитаторов станков с компьютерным управлением	94
Савельев А.А., Свиридов С.Н., Панов С.С., Мазеин П.Г. Роботизированный комплекс	98
Мамонтов И.С., Савельев А.А., Мазеин П.Г. Особенности программирования гибкой производственной системы с компьютерным управлением	103
Ардашев Д.В. Чувствительность эксплуатационного паспорта шлифовального круга к изменению параметров его стандартной характеристики	107
Ардашев Д.В., Кошин А.А. Уровень стохастичности эксплуатационных показателей шлифовальных кругов	108
Кошин А.А., Сазонова Н.С. Алгоритмизация нормативной методики процессы абразивной обработки	115
Кошин А.А., Сазонова Н.С. Унифицированная командная строка для общемашиностроительной системы автоматизированного нормирования процессов абразивной обработки	120
Кошин А.А., Сазонова Н.С. Типовые нормы на ремонтные техпроцессы с использованием полимерно-композитных материалов ..	125
Мясников Ю.И., Бобылева Е.Ю. Особенности технологических контрольных приспособлений и их структура	134
Мясников Ю.И., Бобылева Е.Ю., Беляев С.В., Юдин Е.С. Модульные переналаживаемые станочные приспособления в современном производстве	139
Гузеев В.И., Шакиров П.Р. Особенности расчета сил резания при зубофрезеровании	145
Кошин А.А., Сопельцев А.В. Геометрия зоны шлифования и механика резания при обдирочном шлифовании	148
Гатитулин М.Н., Анфалов В.М., Панов С.С. Механика торцового шлифования угольного материала	153
Шереметьев С.В., Панов С.С., Мазеин П.Г. Учебная гибкая производственная система с компьютерным управлением	160
Гатитулин М.Н., Петрухнов И.А. Динамика ротационного фрезерования углеродных материалов	165

Норин П.А., Осипов А.М., Третьяков А.Н. Эмиссия первичных электронов из катода	171
Николаенко А.А. Методика расчета сил резания при шлифовании .	174
Гузеев В.И., Шаламов П.В., Шульц Э.В. Определение геометрических размеров отбортовки, полученной методом термического сверления в тонколистовом металле	178
Гузеев В.И., Мясников Ю.И. Системное проектирование технических объектов	181
Мясников Ю.И., Пушкарев А.В., Карпенко Г.И. Принцип единства процессов проектирования и сборки переналаживаемых станочных приспособлений	188
Кошин А.А., Шакирова Н.Ю. Бездефектное шлифование материалов	192
Сырейщикова Н.В., Шемарова Е.Е. Совершенствование процесса «Управление стратегией» СМК предприятия	198
Николаенко, А.А. Проектирование технологических процессов	203
Мясников Ю.И., Щуров И.А. Обобщенные функциональные части режущих инструментов как основа реализации принципа единства их структуры	209
Щуров И.А. Блочно-иерархический принцип группирования факторов при проектировании инструментов	214
Качаев В.П. Технологические аспекты изготовления полнопрофильного резьбового режущего инструмента	220
Кошин А.А., Шакирова Н.Ю.. Сравнительный анализ особенностей микропрофиля шлифованной стальной и полимерно-композитной поверхности	221

ИМПУЛЬСНЫЙ СТОХАСТИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ДЕТАЛИ В ЗОНЕ ШЛИФОВАНИЯ

А.А. Кошин, А.А. Дьяконов

Природа возникновения температурного поля детали и его характер обусловлены воздействием совокупности абразивных зерен шлифовального круга (ШК), взаимодействие которого с обрабатываемой поверхностью детали является стохастическим процессом вследствие того, что расположение зерен на режущем профиле ШК носит вероятностный характер. Однако стохастичность до настоящего времени не была отражена ни в одной из существующих теплофизических моделей процесса шлифования [1, 2].

Для учета стохастичности процесса взаимодействия ШК с обрабатываемой поверхностью детали разработана имитационная теплофизическая модель, включающая модуль вероятностного построения режущего профиля ШК [3]. Согласно расчетной схеме в предложенной теплофизической модели деталь разбивается на заданное количество единичных сечений (рис. 1,а), в которых ведется расчет температуры. Рассмотрим природу формирования температурного поля детали.

Температурное поле является сформированным, когда известны температуры каждого из сечений, расположенных в зоне всей дуги контакта. Применение сечений обосновывается теорией быстродвижущихся источников, предложенной Н.Н. Рыкалиным [4]. Согласно этой теории в быстропротекающих процессах тепловыделение происходит только в направлении, перпендикулярном вектору скорости резания, а в направлении вектора скорости резания за счет его высокого порядка происходят конвективные оттоки, что позволяет перейти от трехмерной системы координат температурного поля к двумерной.

Реализация такого подхода позволяет отслеживать формирование температурного поля каждого сечения, импульсный стохастический характер температурного поля и пульсацию поля температуры самоподогрева в каждый интересующий момент времени.

Так, для случая, представленного на рис. 1,а, в момент времени $t=26 \cdot 10^{-4}$ с каждое сечение, находящееся в зоне дуги контакта, имеет определенный этап формирования своего поля. Например, в сечении I поле полностью сформировано вследствие прохождения им всей длины зоны дуги контакта (плоскость, ограниченная отрезком ON), а сечение X находится в начальном этапе формирования своего поля, так как в данный момент времени это сечение только начинает свою работу в рассматриваемой зоне. В результате по конечным температурам в каждом сечении (рис. 1,б) формируется температурное поле в зоне дуги контакта, представленное в табл. 1.

Для определения температуры самоподогрева, характеризующей температуру обрабатываемого материала в момент подхода очередного зерна необходимо из графика температурного поля выделить точки, соответствующие температуре перед подходом каждого зерна. График, построенный из полученных точек, будет являться графической интерпретацией поля температуры самоподогрева (табл. 2).

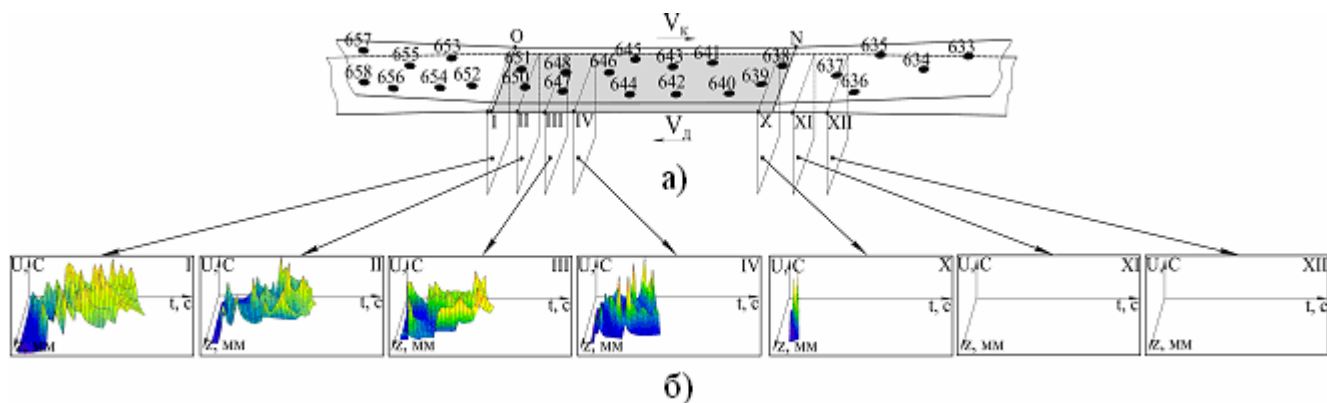


Рис.1. Формирование температурных полей единичных сечений детали ($t=26 \cdot 10^{-4}$ с)

Таблица 1

Мгновенные эпюры распределения температурного поля в зоне дуги контакта

Рассматриваемый момент времени	Мгновенная эпюра распределения температурного поля
$t=26 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=30 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=33 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=36 \cdot 10^{-4}$ с	

В момент времени $t=30 \cdot 10^{-4}$ с импульсное температурное поле (см. табл. 1) и поле температуры самоподогрева (табл. 2) видоизменяются за счет их формирования другими сечениями детали — II–X.

Аналогичная ситуация наблюдается и в последующие моменты времени: $t=33 \cdot 10^{-4}$ с, $t=36 \cdot 10^{-4}$ с (см. табл. 1, табл. 2).

Таблица 2

Мгновенные эпюры распределения поля температуры самоподогрева в зоне дуги контакта

Рассматриваемый момент времени	Мгновенная эпюра распределения поля температуры самоподогрева
$t=26 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=30 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=33 \cdot 10^{-4}$ с	
$t=36 \cdot 10^{-4}$ с	

Если совместить мгновенные эпюры в каждый момент времени (рис. 2) можно выявить главную особенность формирования температурного поля детали в зоне шлифования — температурное поле имеет нестационарный, стохастический характер, вследствие его формирования разными зернами шлифовального круга.

Таким образом, в зоне дуги контакта формируется пульсирующее квазистационарное поле. Это отчетливо можно наблюдать при наложении полей температуры самоподогрева (рис. 3). Другими словами в результате наложения полей формируется установившееся поле, относительно которого происходит пульсация, возникающих температурных полей. Данное явление происходит за счет того, что в каждый момент времени температурное поле детали формируется за счет воздействия разной совокупности зерен, находящейся в зоне дуги контакта (см. табл. 2).

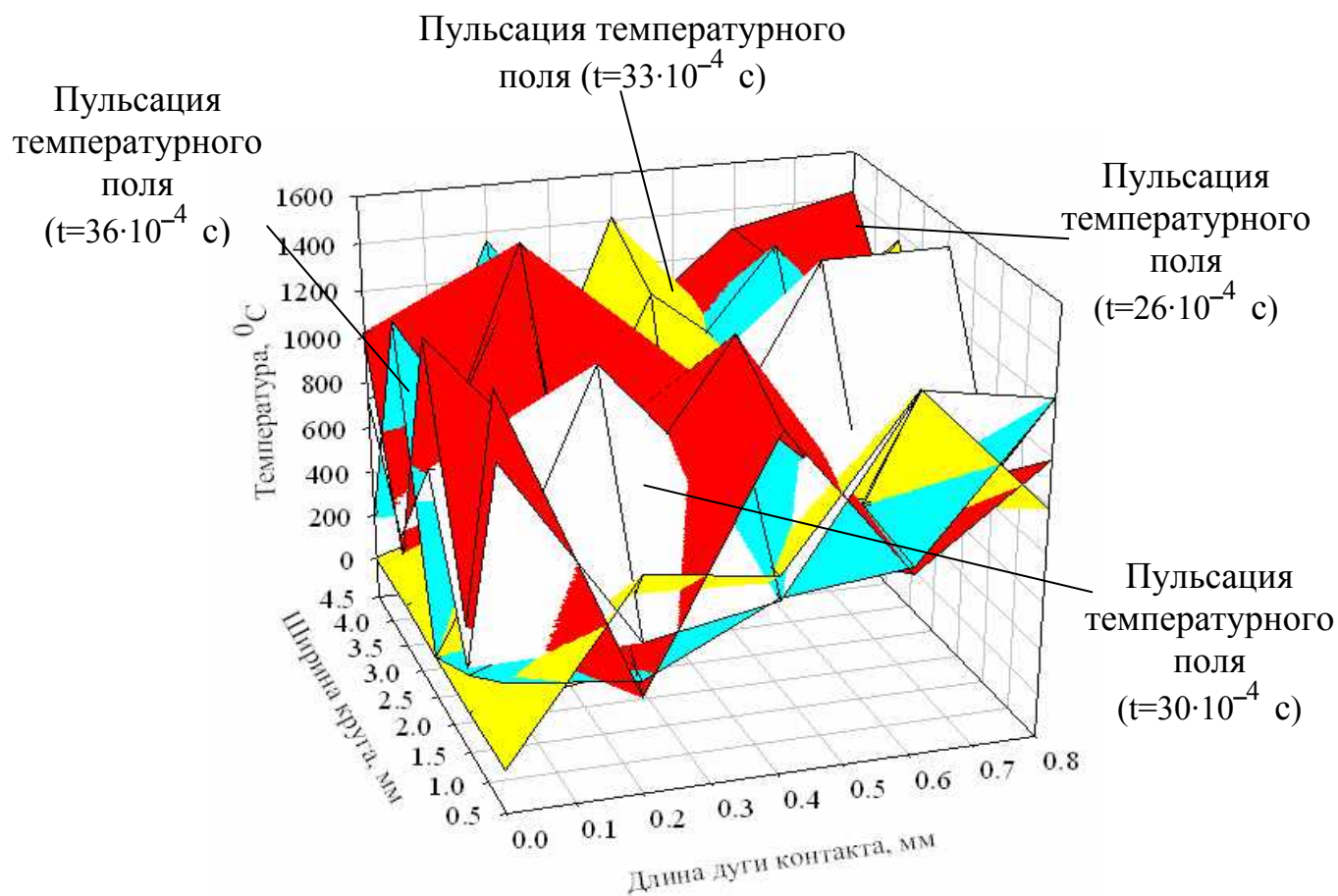


Рис. 2. Импульсно–стохастическое температурное поле детали

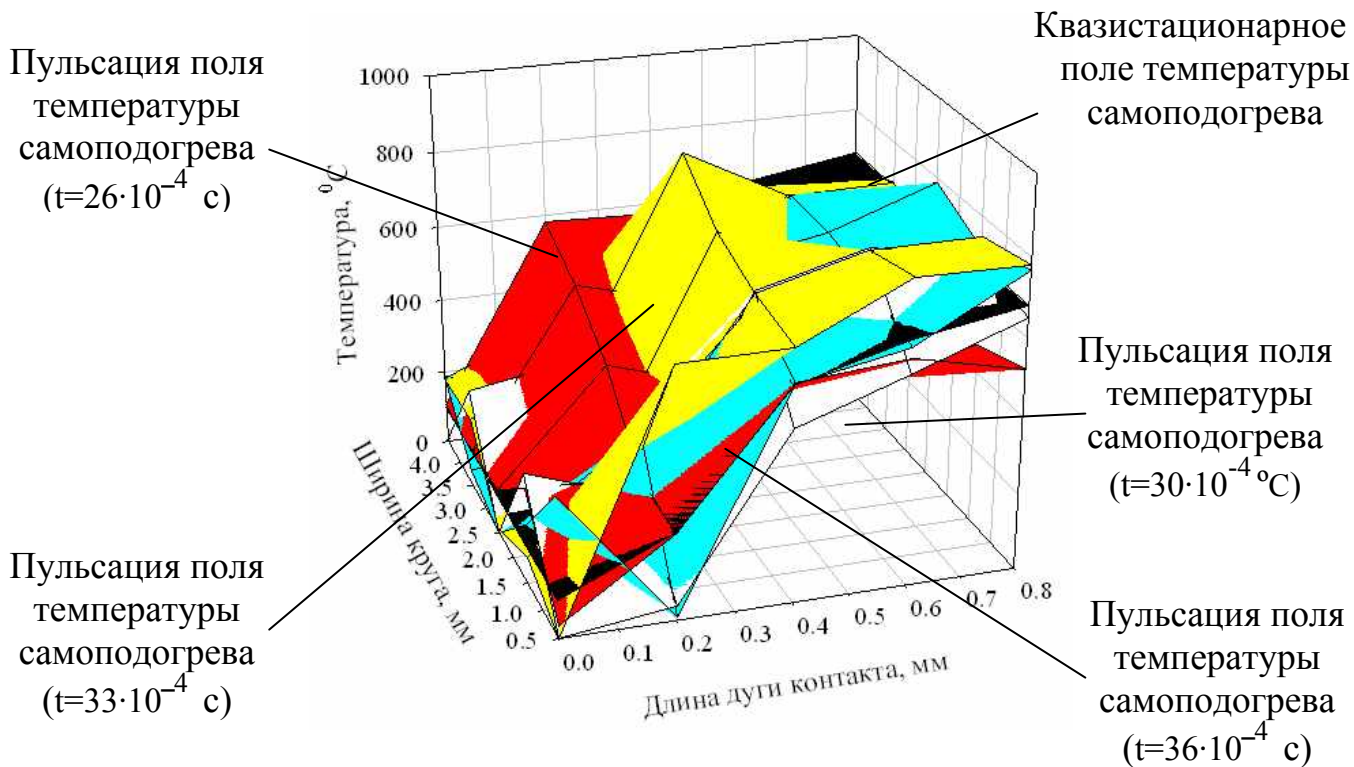


Рис. 3. Стохастическое поле температуры самоподогрева

Для выявления стохастичности поля температуры самоподогрева целесообразно провести его доверительную оценку, в качестве которой реализуем 99% доверительный интервал (рис. 4). Из полученного графика видно (см. рис. 4), что разброс значений температуры, относительно квазистационарного поля температуры самоподогрева имеет значительную величину. Так, например, границы доверительного интервала достигают величины, соответствующей порядка 320 °С, а разброс значений температуры в каждой точке, рассматриваемой зоны дуги контакта колеблется в пределах 30–400%.

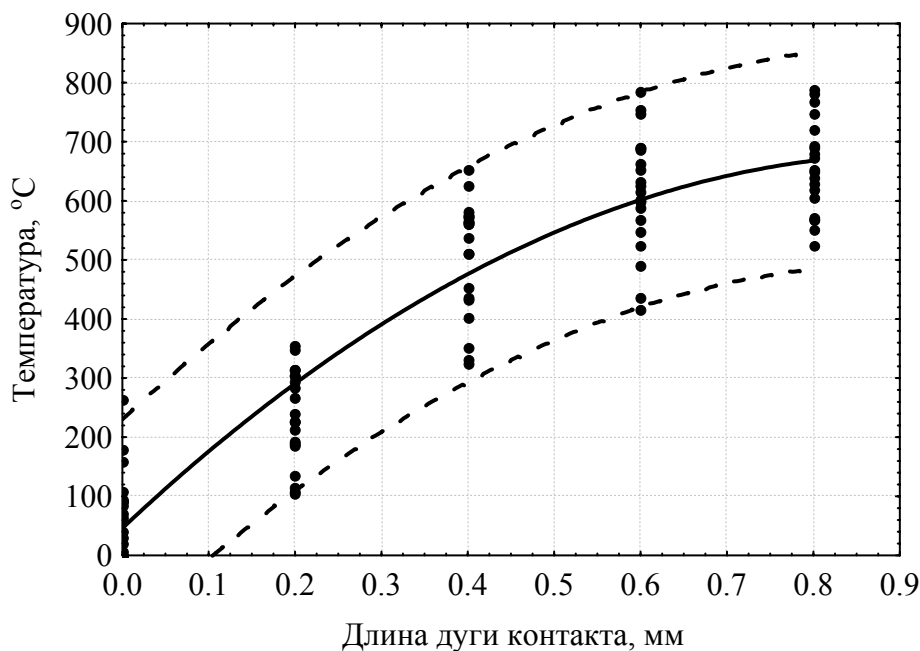


Рис. 4. Доверительная оценка температуры самоподогрева детали в зоне контакта при шлифовании

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- температурное поле в зоне шлифования инициируется совокупностью режущих зерен;
- зерна — тепловые источники формируют импульсное стохастическое температурное поле детали, каждый импульс которого соответствует работе определенного зерна;
- наложение импульсных стохастических полей приводит к формированию квазистационарного температурного поля детали;
- стохастичность температурного поля детали достигает порядка 30–400%, относительно установившегося поля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования / С.Н. Корчак. — М.: Машиностроение, 1974. — 280 с.

2. Клочко, В.И. Эффективность высокоскоростного шлифования разных сталей и сплавов с учетом точности и качества обработки: дис. ... канд. техн. наук / В.И. Клочко. — Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1984 — 207 с.

3. Дьяконов, А.А. Расчетная оценка обрабатываемости материалов в процессах шлифования / А.А. Дьяконов // Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты). — 2006. — №3. — С. 8–10.

4. Рыкалин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. — М.: Машгиз, 1951. — 296 с.

ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ НА ПОЛЕ ТЕМПЕРАТУРЫ САМОПОДОГРЕВА ДЕТАЛИ В ЗОНЕ ШЛИФОВАНИЯ

А.А. Дьяконов

Методика назначения режимов резания на шлифовальные операции всегда связана с корректировкой технологических условий по предельной температуре в зоне резания, т.к. этот параметр определяет качественные показатели готового изделия (наличие или отсутствие прижогов поверхностных слоев детали, микротрещин, остаточных термических напряжений и т. д.).

Однако температура в зоне шлифования является не только отрицательным фактором вследствие того, что ее увеличение приводит к уменьшению сопротивляемости резанию обрабатываемого материала.

Из теории шлифования, известно, что температуру в зоне шлифования во многом определяют геометрические параметры взаимодействия шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью, основным из которых является площадь пятна контакта, значение которой напрямую связано с конкретной схемой шлифования. Так, например, при прочих равных условиях внутреннее шлифование обеспечивает наибольшую площадь пятна контакта; плоское шлифование периферией круга — меньшую и наружное — еще меньшее, количественное соотношение которых составляет [1]:

$$S_B : S_{\Pi} : S_H = 1,5 : 1,1 : 0,7, \quad (1)$$

где S_B — площадь пятна контакта при внутреннем шлифовании, S_{Π} — площадь пятна контакта при плоском шлифовании периферией круга, S_H — площадь пятна контакта при круглом наружном шлифовании.

Приведенное соотношение косвенно указывает на то, что температурное поле детали при шлифовании может значительно зависеть от схемы наладки. Наряду с этим, большой интерес представляет и исследование степени влияния схемы шлифования, как на само значение температурного поля, так и на характер его формирования.

С другой стороны, остается открытым вопрос о влиянии схемы шлифования на выходные показатели процесса. Это связано, прежде всего, с тем, что действующие общемашиностроительные нормативы режимов резания [2] построены на основе исследования круглого наружного шлифования [3], данные, по обрабатываемости которых распространены и на другие схемы наладки. Однако обрабаты-

ваемость находится в прямой зависимости от температуры в зоне резания, так как ее частная характеристика — поле температуры самоподогрева определяет интенсивность сопротивления шлифуемого материала деформации.

Для выяснения влияния геометрических параметров зоны шлифования на поле температуры самоподогрева детали рассмотрим три схемы наладки — круглое шлифование с поперечной подачей, внутреннее врезное шлифование и плоское шлифование периферией круга. В качестве исходных данных приняты наиболее распространенные технологические условия при шлифовании конструкционной стали 45 (42–45 HRC) при скорости резания, соответствующей 35 м/с (табл. 1).

Таблица 1

Режимы и параметры шлифования для расчета температуры самоподогрева

Схема шлифования	Хар-ка круга	Диаметр круга, мм	Диаметр детали (отверстия), мм	Подача, мм/мин	Подача на глубину, мм/ход	Скорость детали, м/мин
Круглое с поперечной подачей	14A40НСМ2 7К	600	70	0,5	—	40
Внутреннее врезное		20	25	0,2	—	40
Плоское периферией круга		600	—	—	0.005	25

Стоит отметить, что для процесса формирования температурного поля детали при шлифовании характерно наличие связей второго порядка (обратные связи) по интенсивности сопротивления деформации (рис. 1).

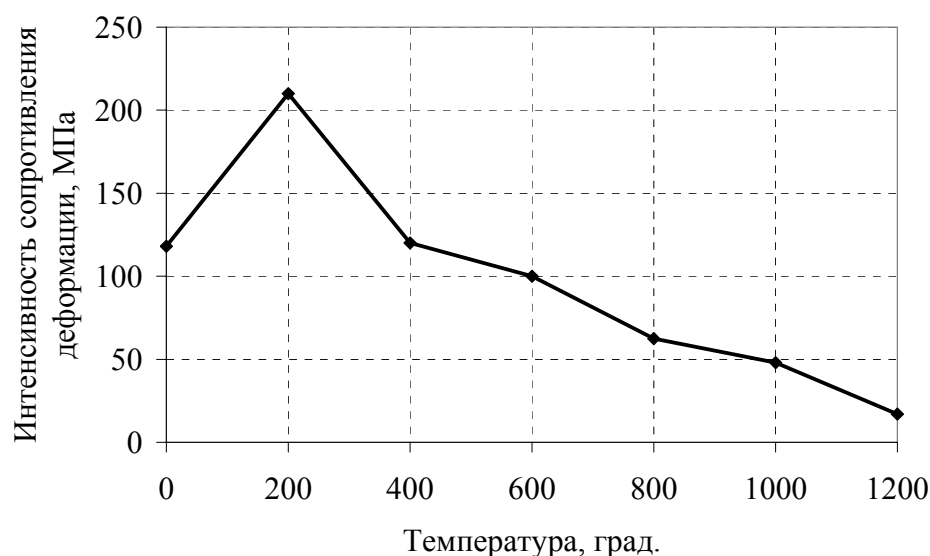


Рис. 1. Температурно-скоростная прочностная характеристика материала — сталь 45 (скорость деформации $\dot{\epsilon}=10^{-5}$ с)

Исходя из этого, температурное поле в начальные моменты времени должно иметь резкий подъем, так как начальным температурам в зоне шлифования соответствуют высокие значения интенсивности сопротивления деформации обрабатываемого материала, которые в свою очередь определяют уровень температур перед подходом следующих зерен. Очевидно, что в последующие моменты времени температурное поле выходит на этап относительной стабилизации за счет резкого спада значений прочностной характеристики в диапазоне 400–1200 °С (см. рис. 1), то есть низкие значения интенсивности сопротивления материала деформации позволяют только поддерживать сформированный уровень температур.

Графики зависимостей полей температуры самоподогрева от схемы шлифования, построенные по исходным данным (см. табл. 1), представлены в табл. 2.

Наибольшая площадь пятна контакта соответствует плоскому шлифованию периферией круга (см. табл. 2), что нашло свое отражение и на температуре самоподогрева, значение которой достигает порядка 650–680 °С, при круглом шлифовании температура соответствует 390–420 °С, а при внутреннем 370–400 °С.

Как и ожидалось, температурное поле имеет разгонный участок — резкий рост температуры (см. табл. 2), который независимо от схемы шлифования составляет порядка $6 \cdot 10^{-4}$ с. Однако протяженность этого участка от всего времени контакта для каждой схемы шлифования различен (табл. 3).

Таким образом, время разгонного участка не зависит от схемы шлифования, а его доля от всего времени контакта напрямую взаимосвязано с длиной дуги контакта, значение которой определяют геометрические параметры схемы шлифования.

Полученные графики (см. табл. 2) подтверждают существование стабилизационно-асимптотического участка температурного поля при шлифовании, так как соотношение длины дуги контакта, например, круглого шлифования к внутреннему составляет порядка 2, а значение температуры имеет практически одинаковый порядок. Однако значительное увеличение времени контакта вызывает нарушение стабилизационно-асимптотического участка температурного поля детали, о чем свидетельствуют данные, представленные в табл. 4.

Очевидно, что увеличение температуры от значительной продолжительности времени контакта происходит за счет многократного наложения температурных полей, вследствие чего обрабатываемый материал не успевает достигать оптимальной точки остывания, которая характеризует наличие стабилизационного участка.

Таким образом, в результате проведенного теоретического исследования полей температуры самоподогрева детали установлено:

— значительное влияние схемы шлифования на критериальные температуры в зоне обработки;

— существование разгонного участка поля температуры самоподогрева, который независимо от схемы шлифования составляет порядка $6 \cdot 10^{-4}$ с, причем протяженность этого участка от всего времени контакта для каждой схемы шлифования различен;

Зависимость поля температуры самоподогрева от схемы шлифования

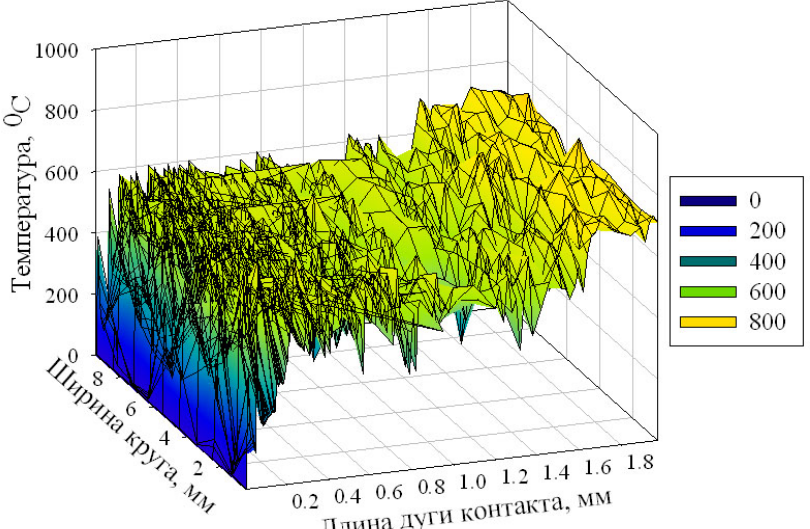
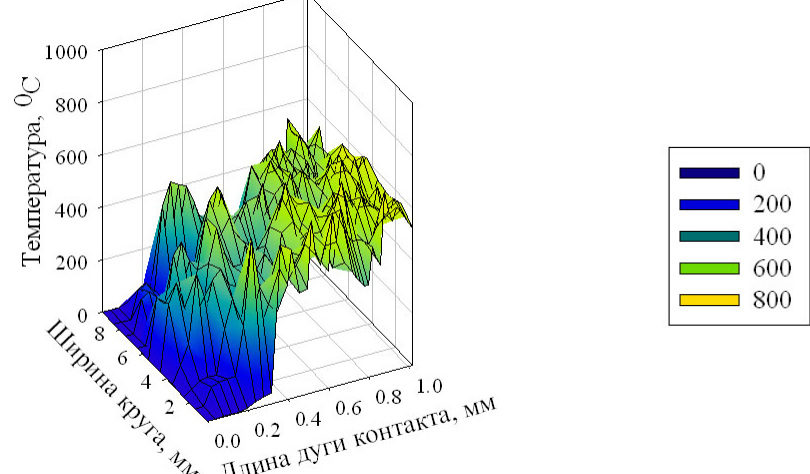
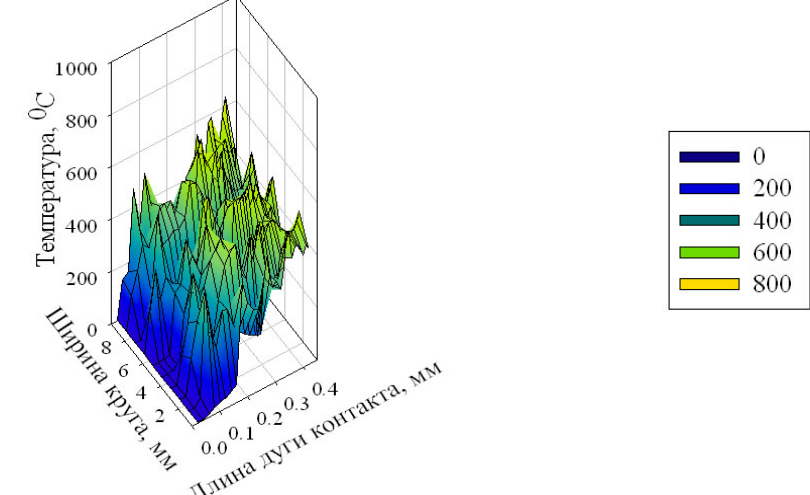
Схема шлифования	Площадь пятна контакта, мм ²	Характер поля температуры самоподогрева
Плоское периферией круга	18	
Круглое наружное	10	
Внутреннее	4	

Таблица 3

Процентное соотношение разгонного участка температурного поля от всего времени контакта

Схема шлифования	Доля разгонного участка от всего времени контакта, %
Плоское периферией круга	22
Круглое наружное	45
Внутреннее	100

Таблица 4

Соотношение температур при разных схемах шлифования

Схема шлифования	Средняя температура, °С	Значение относительно базового варианта, %
Плоское периферией круга	665	+61
Круглое наружное*	405	100
Внутреннее	385	-6

* базовый вариант.

— существование стабилизационно-асимптотического участка температурного поля при шлифовании;

— влияние времени контакта на характер протекания стабилизационно-асимптотического участка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маслов, Е.Н. Теория шлифования металлов / Е.Н. Маслов. — М.: Машиностроение, 1974. — 320 с.

2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на протяжных, шлифовальных и доводочных станках. — М.: НИИ труда, 1978. — Ч.3. — 360 с.

3. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования / С.Н. Корчак — М.: Машиностроение, 1974. — 280 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ АБРАЗИВНЫХ ЗЁРЕН МЕТОДОМ МИКРОРЕЗАНИЯ

А.А. Кошин, А.А. Дьяконов, В.Н. Кондаков

Процесс резания металлов обусловлен интенсивным силовым воздействием режущего инструмента и обрабатываемой заготовки. Результатом этого взаимодействия является два разнонаправленных процесса:

- разрушение обрабатываемого материала — съём припуска;
- разрушение режущего материала — износ инструмента.

Основная задача теории металлообработки — усилить первый процесс и ослабить второй. В процессах шлифования соотношение этих процессов на столько сопоставимы, что введён спец показатель процесса — коэффициент шлифования (отношение интенсивности съёма припуска и износа круга).

Исследования износа инструмента в процессах шлифования посвящено достаточно много работ. Большая часть из них, в частности работы Л.А. Глейзера, А.А. Маталина [1], Л.Н. Филимонова [2] посвящены износу шлифовального круга в целом.

В работах Т.Н. Лоладзе, Г.В. Бокучавы [3], С.Н. Корчака [4] и других исследуется износ самих абразивных зёрен. В них исследуется величина площадок износа. Однако абразивное зерно является одним из множества микрорезцов в составе шлифовального круга, поэтому с позиции теории резания необходимо рассматривать на нём помимо самой площадки износа и всю остальную его микрогеометрию.

Рассматривать износ и микрогеометрию одного абразивного зерна в составе шлифовального круга весьма затруднительно, и поэтому необходимо выделить единичное зерно и все процессы рассматривать на нём.

Для достижения такой цели подходит стенд для определения обрабатываемости сталей шлифованием, разработанный на кафедре «Технология машиностроения» ЮУрГУ (рис. 1). На стенде установлен вращающийся со скоростью резания диск, имитирующий шлифовальный круг, в который закреплено единичное абразивное зерно. Это зерно наносит риску на образце исследуемого материала, закреплённом в свободнокачающемся маятнике. Специальный измерительный контур регистрирует совершаемую работу резания.

Для исследования изменений микрогеометрии абразивных зёрен в процессе резания разработана методика последовательного нанесения рисок на образец. Как установлено в работах С.Н. Корчака, процесс шлифования обладает свойством самоподогрева, то есть на большей части зоны шлифования абразивное зерно врежется в разогретый металл. Поэтому исследуется износ зерна при микрорезании образцов, нагретых до разных температур. По образцу обрабатываемого материала (Ст45 HRC42...45) в разных условиях ($t=21^0—600^0\text{C}$, $V=30; 50; 80\text{ м/с}$) производится различными зёрнами разное количество микрорезов и рассматривается микрогеометрия этих абразивных зёрен после определённого количества резов.

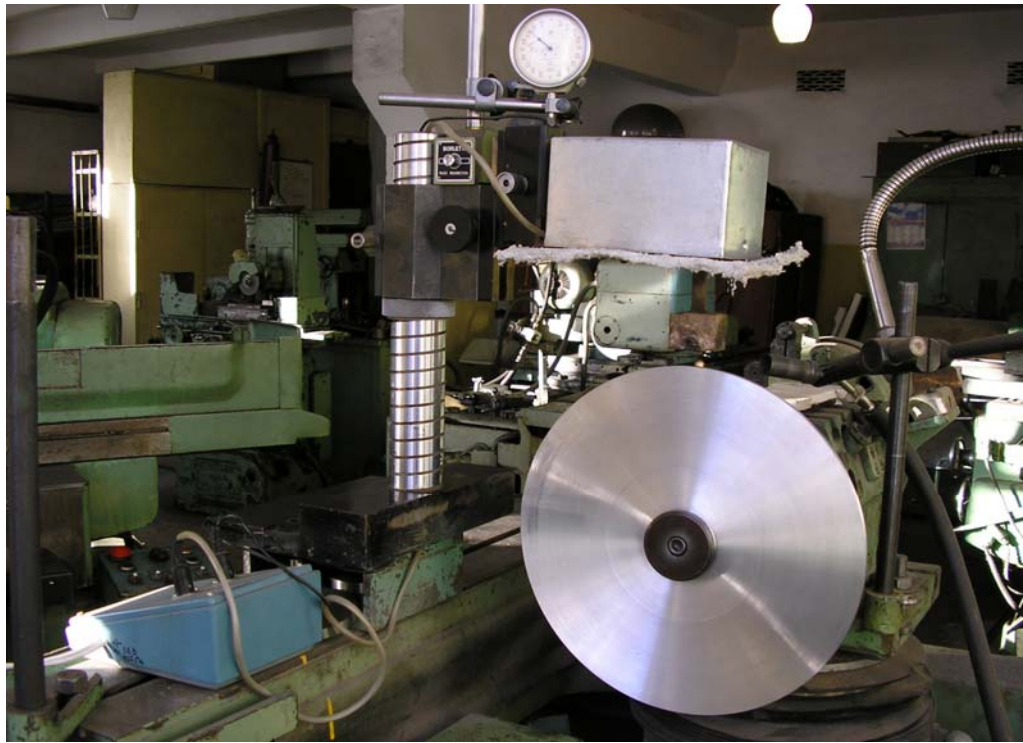


Рис. 1. Общий вид стенда

Для эксперимента использованы зёрна формокорунда, так как они имеют правильную форму и поэтому технологичны как с позиции закрепления, так и анализа микрогеометрии. Зёрна запаивались в специальные державки и затачивались под углом при вершине 90° (рис. 2).



Рис. 2. Абразивное зерно в державке

Это обоснованно тем, что С.Н. Корчак [4] и С.Г. Редько в исследованиях установили, что среднестатистический угол при вершине абразивного зерна в шлифовальном круге равен 90° . После заточки производился обмер нового зерна и ставился сам эксперимент следующим образом. Абразивное зерно в державке устанавливалось в диск и разгонялось до заданной скорости резания. В это время одновременно с помощью газовой горелки подогревался образец обрабатываемого материала, после чего производилось определённое количество микрорезов.

Полученные после резания образцы изношенных абразивных зёрен рассматривались под бинокулярным микроскопом ОГМЭ–П2 и фотографировались через него при 4-х кратном увеличении цифровой фотокамерой с матрицей 5 мегапикселей и разрешением 2592×1944 точек на дюйм. Фотографии делались в трёх проекциях: параллельно вектору скорости для рассмотрения передних и задних углов; перпендикулярно вектору скорости для рассмотрения передней поверхности; на виде сверху для определения величины площадки износа. После этого у полученных цифровых фотоснимков увеличивалась контрастность и чёткость для дальнейшей компьютерной обработки в программе Photoshop.

Комплексный анализ абразивных зёрен под микроскопом и их увеличенных фотографий на компьютере позволил сделать выводы:

1. На абразивном зерне постоянно присутствует нарост (рис. 3), который покрывает всю площадку затупления и остаётся маленьким клином на передней поверхности зерна. Нарост на площадке износа появляется вследствие того, что частички обрабатываемого материала забиваются в микронеровности и в дальнейшем трение при резании на площадке затупления происходит не между абразивным и обрабатываемым материалом, а между слоями обрабатываемого материала.

2. В плоскости, перпендикулярной вектору скорости, режущая кромка имеет скруглённую форму (рис. 3), при этом вершина скругления иногда может перемещаться к одному из краёв.

3. В плоскости, параллельной вектору скорости, у абразивного зерна наблюдается отчетливо площадка затупления. Эта площадка имеет небольшой радиус скругления в начале (в месте, где зерно входит в металл) (рис. 3) и в дальнейшем прямая, возрастающая под небольшим углом.

4. На некоторых площадках износа отчетливо видны следы выкрашивания.

5. В начале абразивное зерно изнашивается “истиранием” и выкрашиванием, а в дальнейшем, когда площадки износа становятся достаточно велики, происходит преимущественно только “истирание”.

6. Интенсивность износа на первых рисках наибольшая, в дальнейшем интенсивность износа падает, то есть наступает некоторая стабильность микрогеометрии зёрен.

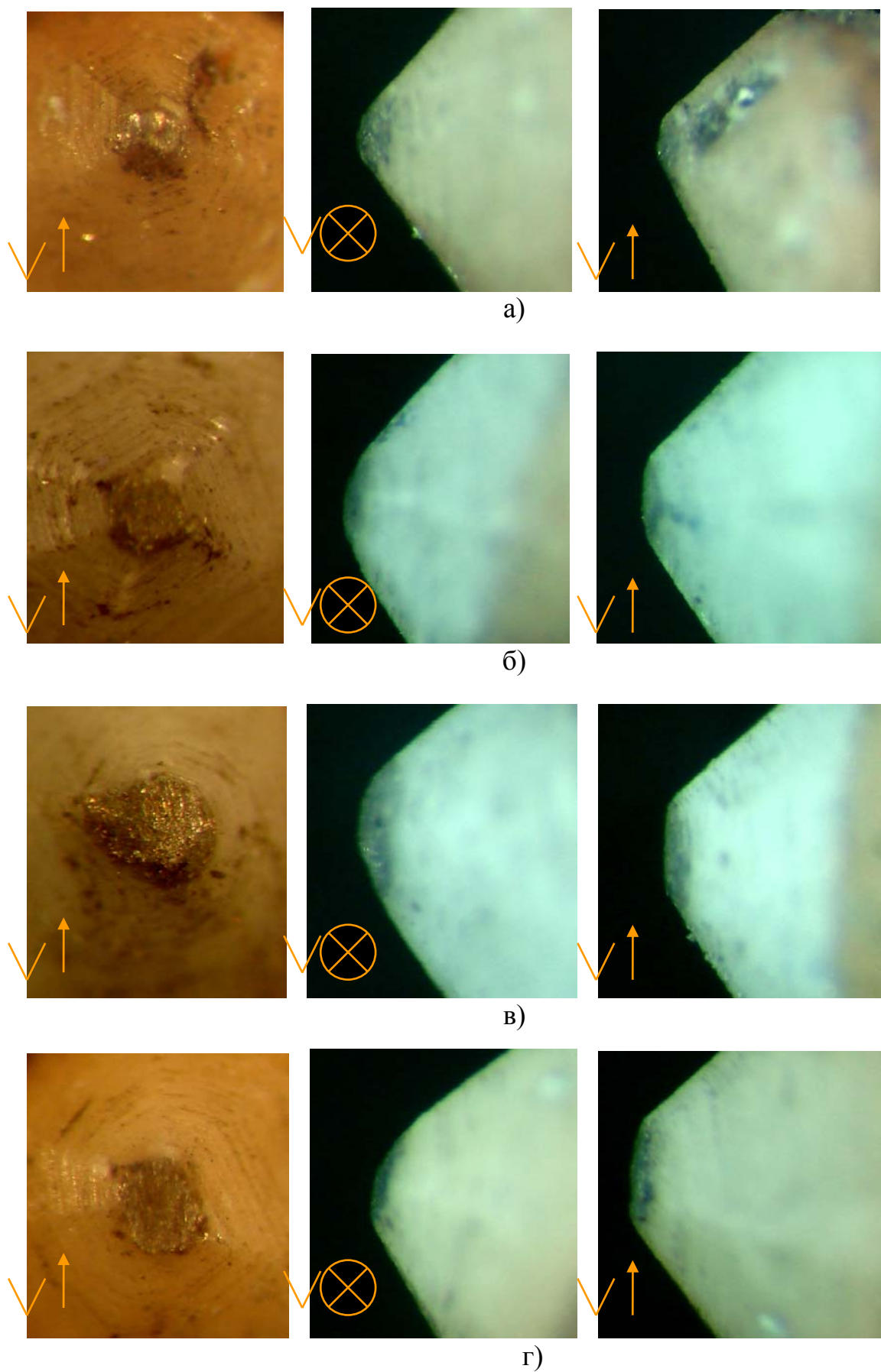


Рис. 3. Вид абразивных зёрен под микроскопом:
а – 5 ударов, б – 15 ударов, в – 30 ударов, г – после 60 ударов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маталин, А.А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства шлифовальных кругов / А.А. Маталин. — М.: Машгиз, 1958. — 204 с.
2. Филимонов, Л.Н. Стойкость шлифовальных кругов / Л.Н. Филимонов. — Л.: Машиностроение, 1973. — 136 с
3. Лоладзе, Т.Н. Износ алмазов и алмазных кругов / Т.Н. Лоладзе, Г.В. Бокучава. — М.: Машиностроение, 1967. — 112 с
4. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования / С.Н. Корчак. — М.: Машиностроение, 1974. — 280 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЗОНЕ КОНТАКТА ПРИ ОБДИРОЧНОМ ШЛИФОВАНИИ

А.А. Кошин, А.А. Дьяконов, А.В. Сопельцев

На производительность процесса шлифования влияет большое число технологических факторов: требования к детали, свойства технологической системы, режущего инструмента, обрабатываемого материала, внешнее воздействие на процесс.

Производительность процесса шлифования при обдирке определяется массой снятого металла в единицу времени, поэтому фактором, в большей степени влияющим на процесс, является прочностная характеристика обрабатываемого материала. Основной характеристикой материалов является обрабатываемость сталей, поскольку ни предел прочности, ни твердость не связаны с производительностью (при шлифовании) [3]. Особенностью обдирочного шлифования является высокая температура в зоне контакта. Поэтому необходимым является получение данных по обрабатываемости у материалов при температуре характерной для процесса обдирки.

Так как обрабатываемость материалов зависит от температуры (причем эта зависимость нелинейная), то необходимо рассчитать температурное поле в зоне контакта шлифовального круга и детали. Температурное поле при шлифовании, в отличие от лезвийной обработки, образуется путем наложения тепловых импульсов от источников-зерен шлифовального круга [1].

Для создания модели процесса, по которой можно рассчитать температурное поле, необходима дискретная схема, поскольку зерна на круге расположены на некотором расстоянии друг от друга. С.Н. Корчаком [1] предложена одномерная схема определения температуры самоподогрева.

Расчет производится по формуле, которая описывает температуру в точке x по глубине поверхностного слоя детали в любое время t с учетом меняющейся остаточной температуры, «наследственно» полученной от действия ранее работавших зерен.

$$U(x, t) = U_0 + \frac{2q}{\sqrt{\lambda c s}} \left(\sum_{k=1}^n \sqrt{t - T_k} \operatorname{ierfc} \frac{x}{\sqrt{4\kappa\kappa(-T_k)}} H(t - T_k) - \sqrt{t - \phi - T_k} \operatorname{ierfc} \frac{x}{\sqrt{4\kappa\kappa(-\phi - T_k)}} H(t - \phi - T_k) \right), \quad (1)$$

где x — глубина рассматриваемого слоя детали; t — рассматриваемый момент времени; U_0 — исходная температура материала; λ — теплопроводность материала; q — интенсивность теплового источника; s — теплоемкость материала; ierfc — интегральная функция Хартри первого порядка; T_k — начало, окончание действия теплового источника; τ — время действия теплового источника; $H(x)$ — единичная функция Хевисайда.

Таким образом, в процессе шлифования зерна последовательно проходят по одной линии и производят нагрев детали. Для получения данных по температуре необходимо суммировать все остаточные температуры от тепловых источников.

По результатам моделирования формируется график температуры самоподогрева. Данный график характеризуется равномерностью своего возрастания. Это является следствием того, что зерна в модели расположены упорядоченно и линейно.

Теория обрабатываемости С.Н. Корчака [3] получила свое развитие в работе В.И. Ключко [2]. В его модели зерна располагаются, также в определенном порядке, но более сложно, и поэтому приближено к расположению на настоящем круге. Модель В.И. Ключко двумерна, по дуге контакта движется плоскость и суммирование температуры идет по плоскости.

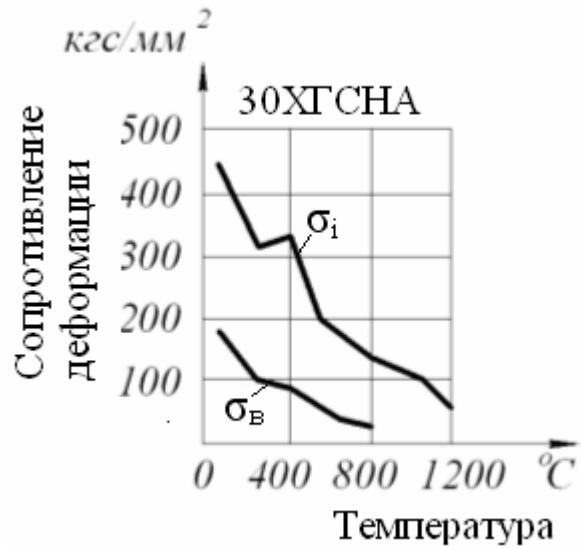
Кроме того, в формуле, по которой рассчитывается температурное поле, учтены боковые оттоки тепла в зоне контакта.

$$U(x_m, 0) = \mu \frac{2}{l_{пз}} \sqrt{\frac{\chi L}{\rho(V_{кр} + V_d)}} \sum_{k=1}^m q [U(x_{m-k})] \left(\sqrt{k} - \sqrt{k - \frac{l_3}{l_{пз}}} \right), \quad (2)$$

где μ — коэффициент снижения температуры от боковых оттоков тепла; L — длина дуги контакта; λ — теплопроводность материала; χ — температуропроводность материала; q — интенсивность теплового источника; κ — коэффициент неоднородности температурного поля; $l_{пз}$ — расстояние между абразивными зёрнами на рабочей поверхности вдоль вектора скорости вращения круга.

Данные теории разрабатывались для производственного шлифования, но основные закономерности присущие производственному шлифованию, работают и при обдирочном шлифовании. Основные отличия можно выявить из сравнения температурных полей, характерных для производственного и обдирочного шлифования, на примере стали 30ХГСНА (табл. 1).

Зависимость сопротивления деформации от температуры приведена на рисунке.



Зависимость сопротивления деформации от температуры

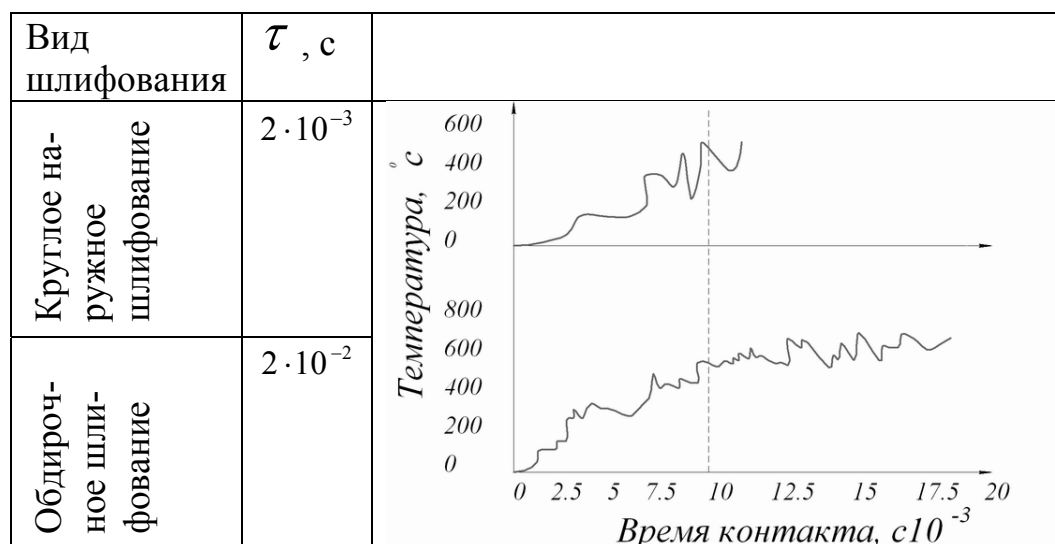
Таблица 1

Виды температурных полей при различных типах шлифования

Вид шлифования	Время контакта τ , с	Вид температурного поля
Круглое наружное шлифование	$2 \cdot 10^{-3}$	
Обдирочное шлифование	$2 \cdot 10^{-2}$	

График температуры самоподогрева может быть получен из температурных полей (см. табл. 1) путем их очерчивания по нижней границе. Они выглядят следующим образом (табл. 2).

Таблица 2



Температура самоподогрева — остаточная температура от тепловых источников, то есть температура после прохода зерен-источников через зону контакта. Каждое зерно круга, врезаясь в деталь, за счет деформации металла и трения нагревает заготовку.

Анализируя и сравнивая температурные поля при обдирочном и продукционном шлифовании, можно выделить ряд особенностей.

1. График поля обдирки можно подразделить на две части: нарастания (20% времени контакта) — происходит интенсивный нагрев детали; квазиустановившаяся (80% времени контакта) — температура держится примерно на одном уровне. Данное процентное соотношение обусловлено тем, что при достижении температуры 800°C и выше сопротивление деформированию весьма мало. Поэтому зерно, врезающееся в нагретый металл, тратит меньше энергии на деформацию, вследствие этого выделяется меньше тепла. График поля продукционного шлифования можно также подразделить на две части: нарастания (75% времени контакта); квазиустановившаяся (25% времени контакта), то есть деталь не успевает достаточно нагреться для установления равновесия.

2. Интенсивность нагрева и температура самоподогрева при обдирке значительно выше, чем у продукционного шлифования. Это обусловлено значительно большими глубинами резания при обдирке, а также возникающими при этом силами резания.

3. Значения максимальных температур при обдирке находится в районе 1500°C , а при обычном шлифовании около 1100°C . Данные параметры зависят от величины глубины резания и дуги контакта детали и круга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
2. Ключко, В.И. Эффективность высокоскоростного шлифования разных сталей и сплавов с учетом точности и качества обработки: дис. ... канд. техн. наук / В.И. Ключко. — Челябинск, ЧПИ. — 1984. — 207 с.
3. Корчак, С.Н. Теория обрабатываемости сталей и сплавов при абразивной обработке / С.Н. Корчак // Вестник Южно-Уральского государственного университета. — 1994. — №4. — С.82–90.

ПЕРЕДАЧА И ВНЕДРЕНИЕ В ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

П.Г. Пугач, А.Б. Чуйков, В.Ю. Шамин

В отдел Главного технолога ФГУП «ПО Уралвагонзавод» (г. Н. Тагил) кафедрой «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета передана компьютерная версия учебно-методического комплекса дисциплины ОПД.Р.01 — «Размерно-точностное проектирование и обеспечение технологичности изделия».

Комплекс выполнен в виде пакета прикладных программ — ППП УМК «Druza» и предназначен для усвоения теоретического материала и последующего его практического применения при отработке технологичности изделий на этапах размерно-точностного проектирования с автоматизированным расчетом и построением размерных схем конструкторских и технологических размерных цепей.

В действующее производство Уралвагонзавода переданы следующие документы:

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДС.01 — «Размерно-точностное проектирование и обеспечение технологичности изделия». Компьютерная версия из пакета прикладных программ «Druza» / Составитель: В.Ю. Шамин. — Челябинск: ЮУрГУ, 2005. — 45 с.

2. Один экземпляр печатного издания учебного пособия «Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей». Пособие рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» по специальности: 120100 — «Технология машиностроения»; 120200 — «Металлорежущие станки и инструмент».

3. Компьютерная версия учебного пособия — «ABC-book».

Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. — 4-е изд., перер. — Челябинск: ЮУрГУ, 2005. — 530 с.

Версия передана в двух вариантах.

3.1. Пакет первого варианта электронного пособия — «ABC-book» состоит из страничных фото-файлов от 000.gif до 530.gif. Файлы фиксируют от развала страничный текст версии, в котором большое количество таблиц, рисунков и схем. В этом случае текст не меняет своего координатного расположения на поле страницы.

3.2. Второй вариант версии учебного пособия — «ABC-book» содержит традиционный файл с расширением «.pdf». С такими файлами работают стандартные приложения «Акробат».

4. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. Методические указания по выполнению курсовой работы: Компьютерная версия из пакета прикладных программ «Druza» / Составитель: В.Ю. Шамин. — 2-е изд., перер. — Челябинск: ЮУрГУ, 2005. — 22 с.

5. Гольдфельд М.Х., Гузеев В.И., Буторин Г.И., Кулыгин В.Л., Шамин В.Ю. Практические занятия по технологии машиностроения: Учебное пособие. Компьютерная версия. — 2-е изд., перер. и доп. — Челябинск: ЮУрГУ, 2006 — 106 с.

6. Загрузочный модуль «Visual KursAR» — «Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей». Модуль предназначен для расчета конструкторских и технологических размеров. Их номинальных, предельных и средних значений: окончательных и промежуточных чертежных размеров; окончательных и промежуточных технологических размеров по операциям, технологическим переходам или рабочим ходам; траекторий движения заготовки или инструмента при использовании автоматизированного оборудования; глубин резания и др.

Расчетная информация может быть использована как для оформления операционных эскизов, так и для определения траекторий движения заготовки или режущего инструмента. Размерные схемы строятся по результатам расчета исследуемых задач.

7. ИСХОДНЫЕ ТЕКСТЫ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «Lib» — «Библиотека электронных версий». Компьютерная версия из пакета прикладных программ «Druza» / Составители: А.С. Гладков, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин. — Челябинск: 2005. — 44 с.

В процессе передачи комплекса ППП УМК «Druza» проведено:

1. Обучение сотрудников отдела Главного технолога;
2. Прогон контрольных задач с построением размерных схем и расчетом размерных цепей по документации действующих технологических процессов с последующим подробным сравнительным анализом результатов расчета;
3. Проработаны, построены, закодированы, рассчитаны размерные схемы и утверждены результаты расчета проектных вариантов технологических процессов с учетом существующего оборудования и инструмента в действующем производстве.

По этапам проделанной работы сделаны следующие выводы.

1. Исследование автоматизированных многовариантных размерных расчетов позволяют отработать возможность непосредственного выполнения или получения исходных чертежных размеров изделия, а информация по предельным значениям припусков дает полное представление о возможных колебаниях глубин резания по всему маршруту технологического процесса механической обработки.

2. Результаты решения исследуемых задач являются основной исходной информацией САПР для формирования из технологических переходов и рабочих ходов законченных технологических операций с установками, станками, позициями заготовки и инструмента.

3. Размерная сеть из окончательных и промежуточных операционных размеров, наброшенная на технологический процесс изготовления детали, используется не только для оформления операционных эскизов и карт наладок. Она позволяет с высокой точностью рассчитать ускоренные и рабочие координатные перемещения инструмента до любой математической точки в расчетно-технологическую карту автоматизированной операции.

4. Детальная проработка технологических переходов процесса механической обработки для оборудования с ЧПУ с последующими размерными расчетами требует не только проектирования отдельных рабочих ходов, но и расчленение каждого из них на шаги, представляющие собой перемещение инструмента вдоль определенного геометрического элемента.

5. Алгоритм диагностических сообщений, графическая и расчетная информация автоматизированных расчетов позволяют в короткий промежуток времени проанализировать многовариантные задачи с последующим выбором рационального плана процесса обработки.

6. Размерная информация по траекториям движения инструмента и глубинам резания является базой данных для последующих программных продуктов САПР при расчетах:

- составляющих силы резания по переходам и рабочим ходам;
- режимов резания;
- норм времени;
- необходимой мощности приводов станочного оборудования;
- усилий зажима станочных приспособлений.

7. Размерная информация необходима для выбора и расчета конструктивных элементов режущего и измерительного инструмента, выбора модели станочного оборудования, производственных площадей и т. д.

В Учебно-методическом комплексе УМК «Druza» представлены:

1. Рабочая программа дисциплины ОПД.Р.01 — «Размерно-точностное проектирование и обеспечение технологичности изделия». Компьютерная версия из пакета прикладных программ «Druza» / Составитель В.Ю. Шамин. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — 45 с.

2. Три варианта учебного пособия «Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей».

В учебном пособии представлен текст раздела «Цепи размерные» из общего курса лекций «Основы технологии машиностроения».

Этот раздел содержит:

- основные этапы отработки отдельных деталей и сборочных соединений на технологичность;
- в краткой форме представлен материал по стандартам единой системы допусков и посадок;
- рассмотрены основные положения, обозначения и определения сборочных и технологических размерных цепей;
- рассчитываются размерные цепи;
- приводятся практические примеры построения и расчета размерных схем с контрольными упражнениями, в которых нестандартные ответы и результаты расчетов помогают слушателям освоить пути отработки технологичности изделий;
- анализируются основные причины неудачных конструкторских и технологических решений;
- даются рекомендации по их устранению с учетом возможностей производства;
- изложена методика подготовки и кодирования исходной информации для анализа готовых конструкторских и технологических решений действующего производства (обратные задачи) или синтеза проектных задач (прямые задачи) с использованием пакета прикладных программ автоматизированного расчета размерных цепей («Visual KursAR»).

Основные понятия и определения в технологии машиностроения даны с позиции быстрого усвоения терминологии в построении и расчетах операционных размерных цепей. Особое внимание обращено на методическую проработку тем, наглядность их изложения с помощью графического материала и практических примеров.

Пособие предназначено для преподавателей, аспирантов, студентов и инженерно-технических работников машиностроительных специальностей. Оно уже много лет успешно используется слушателями курсов повышения квалификации инженерно-технических работников и на курсах повышения более высоких разрядов наладчиками и рабочими операторами на станках с числовым программным управлением.

3. Загрузочный модуль «Visual KursAR» — «Курс Автоматизированного Расчета Размерных цепей». Разработчики исходных текстов модуля: Е.В. Пугач, П.Г. Пугач, А.М. Хасанов, В.Ю. Шамин. Исходные тексты рабочей программы «Visual KursAR» представлены только оглавлением.

4. ИСХОДНЫЕ ТЕКСТЫ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «Lib» — «Библиотека электронных версий». Компьютерная версия из пакета прикладных программ «Druza».

Для обеспечения работ по внедрению Учебно-методического комплекса ППП УМК «Druza» на предприятии Уралвагонзавод приняты следующие решения:

1. Считать необходимым проектирование технологических процессов на особо ответственные и браконосные детали и узлы с использованием автоматизированного расчета размерных цепей — «Visual KursAR»;

2. Назначить в отделе Главного технолога главным специалистом по обучению и использованию Учебно-методического комплекса ППП УМК «Druza» — ведущего инженера-технолога Чуйкова А.Б.

3. В технических и конструкторских бюро отдела Главного технолога выделить сотрудников и подготовить их к использованию программного продукта «Visual KursAR»;

За период эксплуатации (2004–2006) ППП УМК «Druza» с программным продуктом «Visual KursAR» в отделе Главного технолога проделана следующая работа:

— в технических бюро подготовлены 58 специалистов ответственных за размерные расчеты;

— произведен перерасчет размерных цепей 25 действующих технологических процессов и вновь проектируемых процессов;

— по результатам расчетов во все исследуемые технологические процессы внесены корректировки по глубинам резания (припускам) как по отдельным технологическим переходам и рабочим ходам, так и в целом по операциям;

— прошли преддипломную практику 20 студентов Нижнетагильского филиала УГТУ-УПИ.

Эти мероприятия по отработке технологичности изделий на этапах размерно-точностного проектирования позволили:

— исключить брак в действующих технологических процессах и исключить возможность его появления во вновь проектируемых процессах;

— в 15 технологических процессах уменьшить длины исходных заготовок, что позволило уменьшить нормы расхода материалов и снизить трудоёмкость изготовления деталей.

В результате постоянной помощи сотрудников кафедры «Технология машиностроения» ЮУрГУ специалисты отдела Главного технолога получили хорошую практику отработки технологичности изделия на этапах размерно-точностного проектирования.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

И.В. Сурков, А.С. Курочкин

В настоящее время перед большинством промышленных предприятий встают задачи комплексной механизации и автоматизации. Полная автоматизация позволит перейти к безлюдным технологиям, решить проблемы качества продукции, улучшения условий работы, нехватки рабочих рук.

Проблема автоматизации промышленного производства характеризуется новыми требованиями, основные из которых: гибкость, универсальность, адаптивность. Еще одно важное требование, которому должны удовлетворять системы

автоматизации — невысокая стоимость. Решение любой конкретной задачи автоматизации должно быть экономически оправданным.

Современное машиностроение характеризуется быстрой сменой номенклатуры выпускаемой продукции. Обеспечение качества и гибкости механообрабатывающего производства достигается за счет широкого использования систем с числовым программным управлением. В механообработке — это применение станков с ЧПУ.

Обеспечение технического контроля на предприятиях российского машиностроения отстает в развитии, поскольку применяются контрольные измерительные приспособления, каждое из которых предполагается использовать для контроля одного параметра или размера. Таким образом, возникает необходимость использовать широкую номенклатуру средств допускового контроля (калибры, шаблоны, скобы), что препятствует гибкой оценке качества обработанных деталей. Контрольные измерительные приспособления и шаблоны эффективны для применения в крупносерийном и массовом производстве. При небольших объемах выпускаемой продукции используют ручные универсальные средства контроля, что снижает производительность и стабильность процесса контроля, требует высокой квалификации оператора-контролера.

За рубежом и в России внедряются новые информационно-измерительные системы, использующие метод координатных измерений. Наибольшее распространение получили координатные измерительные машины, в основном портальной компоновки.

Измерения производятся в большинстве случаев в декартовой системе координат с использованием контактных измерительных головок различной конструкции (триггерных, сканирующих).

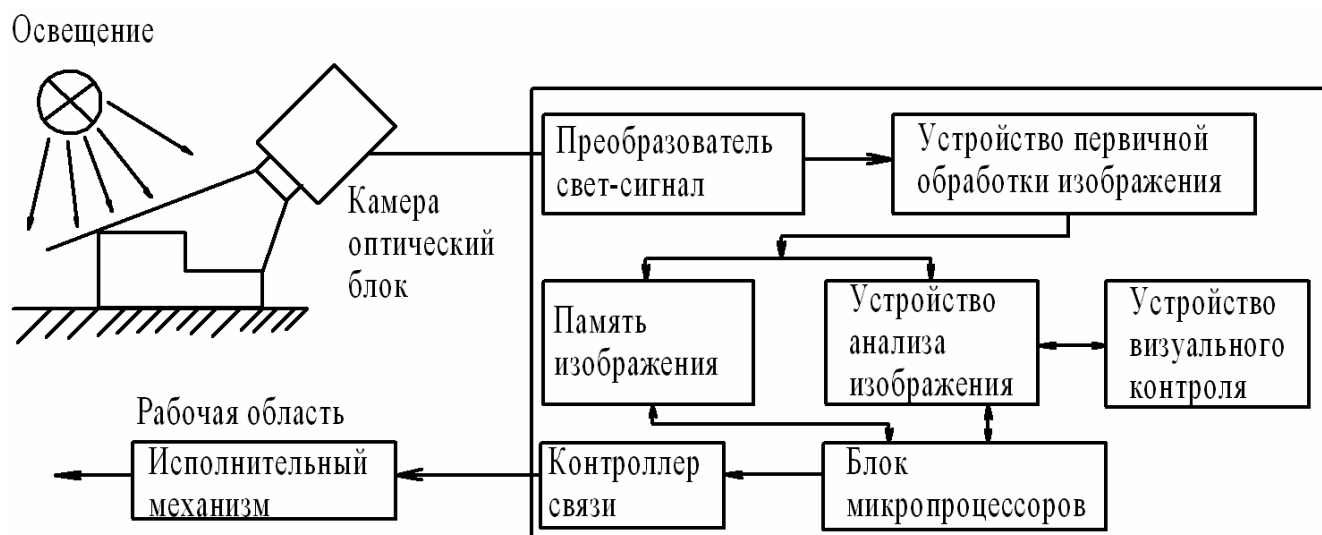
Однако существует область изделий, для которых контактный метод не эффективен (пластиковые, резиновые изделия, мелкие, нежесткие, легко деформирующиеся изделия). Также затруднен контроль сложно-профильных изделий с острыми гранями, в основном это — режущий инструмент. В этом случае следует использовать бесконтактные методы контроля.

Применяются следующие методы: визуально-оптический, метод лазерного измерения линейных размеров, системы технического зрения (СТЗ).

Анализ показывает, что для автоматизированного контроля наиболее оптимальным является использование систем технического контроля на базе СТЗ. Структурно оптические системы контроля можно разбить на механическую часть, аппаратную часть и программное обеспечение.

Выделяют следующие функции систем технического зрения: получение изображения в поле зрения, определение наличия требуемых объектов, распознавание и выделение заданного объекта на изображении, определение координат объекта или его характерных точек относительно координатной системы датчика изображения, формирование сигналов управления.

Метод бесконтактного контроля эффективно используется зарубежными разработчиками: Hommelwerke, Optima, Nextec, OGP, Zoller.



Общая структурная схема системы технического зрения

В российских системах процесс измерения не автоматизирован, или автоматизирован только процесс съема текущих координат оптической оси, что приводит к малой производительности и требует высокой квалификации оператора-контролера. Сдерживающим фактором является отсутствие специализированного программного обеспечения.

Однако, следует отметить, что стоимость зарубежных систем достигает 100–150 тысяч евро.

Для развития российской промышленности необходима разработка собственных систем технического зрения для автоматизированного контроля в машиностроении. Для решения этой задачи в Челябинском научно-исследовательском институте (ЗАО «ЧелябНИИконтроль») проводятся проектные опытно-конструкторские работы по созданию различных систем автоматизированного контроля на базе СТЗ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин. – 2-е изд., испр. и доп. — М.: Машиностроение, 2003. — 656 с.
2. Системы технического зрения / А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявский — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1988. — 424 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ФОРМАТОВ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ФОТОМЕТРИИ

А.С. Курочкин

Современное российское и зарубежное машиностроение широко использует системы автоматизированного контроля на базе системы технического зрения. В основу работы системы технического зрения положен метод цифровой фотометрии, когда с помощью цифровой фото или видео аппаратуры происходит съем изображения контролируемого объекта, полученная информация преобразуется в

один из форматов хранения изображения для последующей программной обработки.

Область цифровой фотометрии, осуществляющая высокоточный параметрический контроль объектов, в режиме работы “фотоаппарат” должна оперировать изображениями максимального качества. Такое требование обусловлено необходимостью контролировать геометрические параметры контролируемого предмета с точностью 10^{-6} м. Для гарантированного выполнения данного условия необходимо иметь максимальную графическую информацию об исходном объекте. С этой целью рассмотрены существующие распространенные форматы хранения изображения.

Для проведения исследования взята фотография стандарта BMP и сохранена в разных форматах с различной степенью сжатия. Ниже приведена сводная таблица сопоставления форматов изображения, размера информации, качества изображения.

Таблица 1

Сравнение форматов хранения информации

Формат изображения и вид компрессии	Количество информации в байтах	Качество изображения
BMP	7494280	100%
TIFF (LZW compression)	5828947	78%
TIFF	7490865	100%
JPEG standart	2499690	33.4%
JPEG Baseline Optimized	2441772	32.6%
JPEG progressive scan 3	2365242	31.6%
JPEG progressive scan 4	2283667	30.5%
JPEG progressive scan 5	2.275.372	30.4%
Normal GIF (256 color, adaptive table)	1550313	20.7%

Выводы данного сопоставления описаны ниже.

Формат файла JPEG (Joint Photographic Experts Group – Объединенная экспертная группа по фотографии) разработан компанией C-Cube Microsystems в качестве эффективного метода хранения изображений с большой глубиной цвета, например, получаемых при сканировании фотографий с многочисленными едва уловимыми оттенками цвета. Отличительная особенность формата JPEG от других форматов в том, что в JPEG используется алгоритм сжатия с потерями информации. Алгоритм сжатия без потерь сохраняет информацию об изображении. После распаковки изображение в точности соответствует оригиналу. При сжатии с потерями теряется часть информации об изображении. Распакованное изображение JPEG редко соответствует оригиналу в мельчайших подробностях.

JPEG — является одним из распространенных форматов изображений. При сохранении файлов в формате JPEG, компьютер определяет одноцветные области и кодирует их. Человеческое зрение так устроено, что оно не может увидеть не-

сколько точек другого оттенка на одноцветном фоне похожего цвета. При сохранении в формате JPEG не выделяются отдельные точки изображения, и кодируются так же, как основной фон. Чем степень сжатия JPEG сильнее, тем менее детализована будет картинка.

JPEG — за счет качества фотографии имеет несколько степеней сжатия. При приемлемом качестве может сжимать в 10 раз и более (может сжать картинку из 18 мегабайт до 1 мегабайта). Может работать с RGB и CMYK фотографиями.

Таким образом, данный формат можно отнести к категории сомнительных для использования в цифровой фотометрии.

TIFF — обеспечивает возможность практически без потерь хранить изображение: специальный язык разметки файла позволяет сохранять всю возможную информацию о картинке (от размера изображения до количества используемых в нем цветов). Фотографии хорошего качества формат TIFF может занимать в три раза больше места, чем аналогичные в JPEG.

TIFF – обеспечивает сохранение фотографии в формате 256 color, RGB, CMYK, Grayscale, B&W. Имеется возможность сохранять файл со сжатием и без сжатия. В среднем наблюдается 2-х или 3-х кратное сжатие (RGB фотографии).

TIFF на сегодняшний день ближе всех к статусу стандартного. Помимо традиционных цветов CMY формат поддерживает цветоделение с большим числом красок, в частности систему Hexahrome компании Pantone.

Формат TIFF – является одним из наиболее подходящих для использования в области фотометрии, несмотря на большие объемы информации, что на данном этапе развития компьютерной техники не является проблемой.

GIF - стандарт для хранения небольших изображений при отсутствии необходимости особого качества. Этот формат применяется и используется в многих программах. Он позволяет работать только 256 цветами или полутоновыми изображениями.

В связи с этим данный формат можно не рассматривать для использования в фотометрии.

BMP – формат хранения изображений, характерный для Windows и OS/2. В режиме 256 цветов возможна компрессия изображения. При сохранении изображения без компрессии обеспечивает 100% качество изображения без потерь данных о изображении. BMP – можно считать пригодным для использования в фотометрии.

Анализ показывает, что из множества форматов хранения изображений наиболее подходят для использования в системах автоматизированного контроля на базе систем технического зрения форматы BMP и TIFF.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт Internet: [http // www.OpenNET.ru](http://www.OpenNET.ru).
2. Сайт Internet: [http // www.codecs.org.ua](http://www.codecs.org.ua).
3. Сайт Internet: [http // www.APHOTO.ru](http://www.APHOTO.ru).

СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ПРИ РАБОТЕ КОНТАКТНЫХ ДАТЧИКОВ

И.В. Сурков, В.М. Буртовой

Современное многономенклатурное машиностроительное производство характеризуется широким использованием станков с ЧПУ. Обеспечение надежной работы станков (в том числе в «безлюдном режиме») и высокой точности обработки невозможно без использования систем автоматизированного контроля и технической диагностики. Основой таких систем являются контактные и бесконтактные датчики для контроля деталей и режущего инструмента, дополнительные модули для связи с системой ЧПУ, а так же оснастка для их установки в рабочем пространстве станка. В настоящее время российские и зарубежные фирмы выпускают различные варианты конструкций датчиков, которые работают с четырьмя основными системами передачи сигналов: оптической, радиочастотной, индуктивной, проводной. Проведем анализ преимуществ и недостатков перечисленных систем передачи сигналов.

Система оптической передачи сигналов (рис. 1) обеспечивает связь между датчиком и системой ЧПУ в инфракрасном диапазоне частот. Датчик имеет двустороннюю связь с системой ЧПУ станка, то есть может, как получать, так и передавать данные. У датчика два активных режима: режим ожидания и рабочий режим. В режиме ожидания датчик ожидает сигнал от системы ЧПУ станка, который переведет его в рабочий режим. Будучи в рабочем режиме, датчик передает сигнал о своем состоянии и информацию о состоянии элементов питания в приемник.

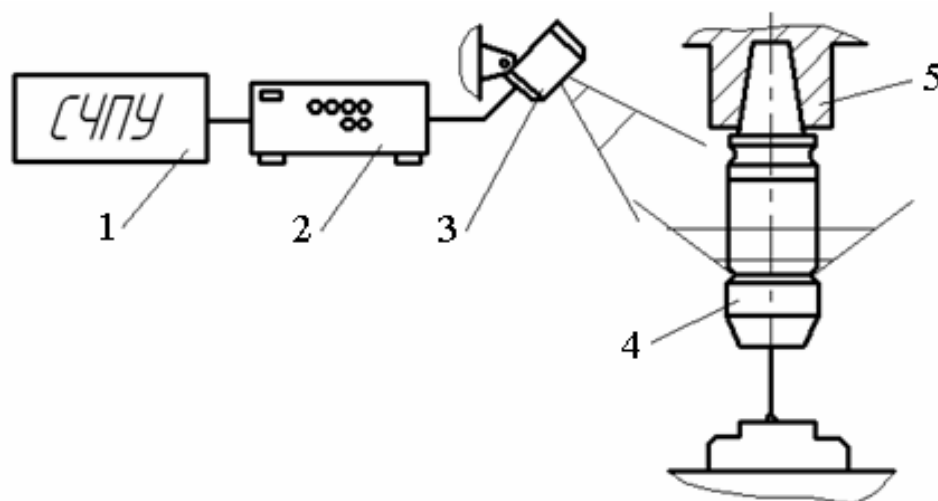


Рис. 1. Система оптической передачи сигналов:

- 1 — система ЧПУ станка; 2 — устройство преобразования сигналов;
- 3 — приемник оптических сигналов; 4 — контактный датчик; 5 — шпиндель станка

Приемник оптических сигналов является приемно-передающим устройством, которое поддерживает связь с датчиком и посредством кабеля подключается к

преобразователю сигналов. Преобразователь сигналов преобразует сигналы датчика таким образом, чтобы они были совместимы с системой ЧПУ станка. Кроме того, на нем имеются визуальные и звуковые индикаторы состояния датчика, элементов питания и диагностики ошибок датчика [1].

Радиочастотная система передачи (рис. 2) сигнала позволяет установить связь между датчиком и системой ЧПУ станка на больших расстояниях (до 15 м). Использование уникальных цифровых идентификаторов позволяет одновременно эксплуатировать несколько радиосистем, установленных в непосредственной близости друг от друга.

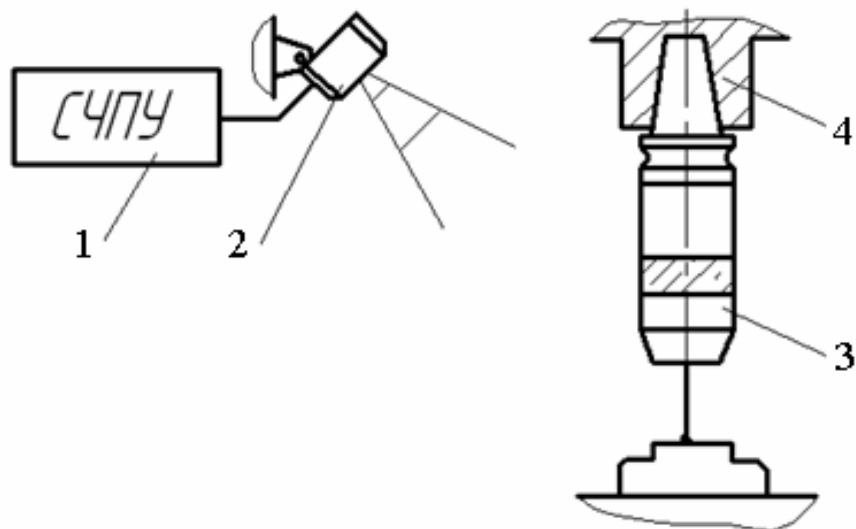


Рис. 2. Радиочастотная система передачи сигналов:
1 — система ЧПУ станка; 2 — устройство радиоприема;
3 — датчик со встроенным радиопередатчиком; 4 — шпиндель станка

Составными компонентами радиочастотной системы передачи сигнала являются датчик и устройство радиоприема, связанное через кабель с системой ЧПУ станка. Радиоприемник совмещает в себе функции дешифратора поступающего сигнала и приемно-передающей антенны, он принимает и преобразует сигналы датчика таким образом, чтобы они были совместимы с системой ЧПУ станка. Кроме того, радиоприемник снабжен индикатором запуска, индикатором состояния датчика и его элементов питания, а также индикатором уровня радиосигнала и ошибок системы [2].

Индуктивная система передачи сигналов (рис. 3) передает сигналы о срабатывании датчика и осуществляет питание датчика через узкую щель между двумя индуктивными модулями.

Обычно в состав измерительной системы с индуктивной передачей сигналов входят датчик и индуктивный модуль датчика, закрепленный на хвостовике. Источником питания для датчика и приемником сигналов является индуктивный модуль, закрепленный на шпинделе станка. Будучи установлен на передний торец шпинделя, индуктивный модуль с помощью кабеля подключается к системе ЧПУ станка.

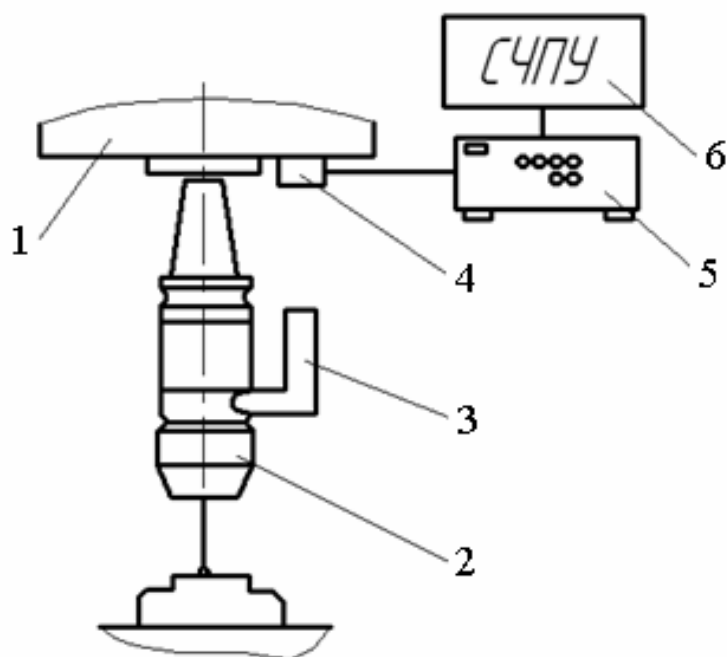


Рис. 3. Индуктивная система передачи сигналов:
 1 — шпиндель станка; 2 — контактный датчик; 3 — индуктивный модуль, закрепленный на хвостовике; 4 — индуктивный модуль, закрепленный на шпинделе станка; 5 — устройство преобразования сигнала; 6 — система ЧПУ станка

Сигнал о срабатывании датчика передается через один индуктивный модуль, закрепленный на хвостовике, на другой модуль, закрепленный на шпинделе, а далее в устройство преобразования сигнала и в систему ЧПУ станка. Использование индуктивной системы передачи сигналов снижает вероятность ошибки (неправильного приема или неприема сигнала от датчика), то есть повышается надежность работы. Но в свою очередь оптические и радиочастотные системы не зависят от конструктивных особенностей шпинделя или револьверной головки станка, т.к. не требуют монтажа на них различных модулей для работы датчика [1].

В состав измерительной системы с проводной передачей сигнала входят следующие элементы: кабель, который соединяет датчик с устройством преобразования сигналов и служит для подвода питания и передачи сигналов о срабатывании датчика и сам датчик. Это устройство также снабжено визуальными и звуковыми индикаторами для определения состояния датчика и диагностики ошибок системы. Проводные системы передачи сигналов чаще всего используются там, где не требуется постоянной смены местоположения датчика, поэтому датчик занимает фиксированное положение и служит для коррекции на длину и диаметр инструмента, а так же для обнаружения поломок инструмента [3].

Проведенный анализ различных вариантов и конструктивных исполнений датчиков контакта и интерфейсных модулей позволяет подобрать наиболее эффективные и надежные варианты систем автоматического контроля для различных моделей и исполнений станков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Контактная измерительная система LP2. — Каталог фирмы «Renishaw», 2003. — 48 с.
2. Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ. — Каталог фирмы «Renishaw», 2005. — 73 с.
3. TS27R Датчик для наладки инструмента. — Каталог фирмы «Renishaw», 2003. — 51 с.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЭВОЛВЕНТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

И.В. Сурков, М.В. Мягкова

В современных машинах и механизмах зубчатые передачи являются одним из важнейших элементов, по этой причине они должны иметь меньшие размеры, большую прочность, вращаться с более высокой скоростью, плавно и бесшумно, и быть взаимозаменяемы. Эти требования могут быть удовлетворены с помощью зубчатых передач высокой точности. Высокую точность зубчатых колес можно обеспечить при условии применения правильных методов и средств контроля, а также систематического контроля на протяжении всего технологического цикла изготовления. От качества их изготовления в значительной мере зависят эксплуатационные свойства этих машин, их надежность.

Понятие «точное колесо» подразумевает высокую точность изготовления тех элементов, которые являются наиболее важными для данных условий эксплуатации колеса. Исходя из необходимости, иметь передачи с определенными эксплуатационными признаками в отношении точности, в стандарте установлены три вида независимых норм: кинематической точности; плавности работы; контакта зубьев зубчатых колес в передаче. Эти виды норм для зубчатых колес и передач можно назначать исходя из разных степеней точности (комбинировать), что позволяет выделить требования к точности, учитывая характерный признак данных условий эксплуатации и способ обработки [1].

Каждая норма точности, а также сопряжения по боковому зазору имеют несколько измеряемых параметров, которые являются равноправными. Завод-изготовитель может выбирать измеряемые параметры в зависимости от условий работы передачи, применяемых измерительных средств, размеров зубчатых колес, их степени точности и т.д. [2]. Например:

— кинематическая точность зубчатого колеса может быть полностью определена в результате измерения кинематической погрешности или ее основной части накопленной погрешности. Схемы приборов для контроля кинематической погрешности, используемых в современном отечественном производстве зубчатых колес, в принципе, состоят из четырех функциональных частей (рис. 1): зубчатой пары 1, датчиков угла поворота 2, устройства для сравнения углов поворота зубчатых колес 3 и регистрирующего устройства 4 [3];

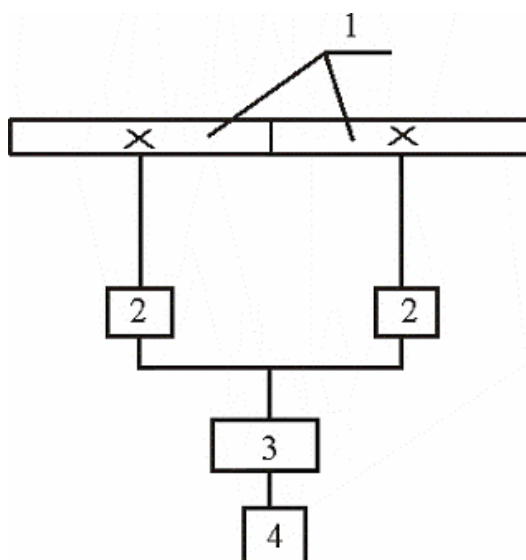


Рис. 1. Принципиальная схема приборов для измерения кинематической погрешности

— плавность работы колеса нормируется в стандарте комплексными показателями местной кинематической погрешностью и циклической погрешностью. Под местной кинематической погрешностью понимают составляющую кинематической погрешности. Измерения осуществляют одновременно с измерениями кинематической погрешности за оборот колеса, то есть как разность между местными соседними экстремальными (минимальными и максимальными) значениями кинематической погрешности. Наиболее совершенным способом выделения циклических погрешностей является гармонический анализ результатов измерения кинематической погрешности;

— комплексным показателем норм полноты контакта является суммарное пятно контакта с парным зубчатым колесом в передаче. Размеры пятна контакта устанавливают в процентах по отношению к длине и высоте рабочей поверхности зуба. Наиболее правильным является определение пятна контакта колес после некоторого периода работы передачи. Чаще всего пятно контакта определяют по краске;

— основным комплексным показателем, характеризующим полноту контакта, принят гарантированный боковой зазор для предотвращения чрезмерного «мертвого» хода. Непосредственное измерение осуществляется в собранной передаче с помощью щупа, свинцовой пластины или стрелочного отсчетного устройства, упирающегося в боковые поверхности [1].

Следует отметить, что механизация и автоматизация контроля зубчатых колес позволяют повысить качество и его стабильность, уменьшить время проверки и численность контролеров, занятых монотонным ручным трудом, снизить влияние субъективных факторов на результаты проверки [4]. За последние десятилетия в поэлементном контроле произошла настоящая революция в связи с широким применением многокоординатных измерительных машин. В настоящее время наиболее известны специализированные измерительные машины фирм KLINGELNBERG, HÖFLER, OPTION (Германия), американской фирмы M&M

Precision System Corporation [5]. На этих машинах можно контролировать почти все поэлементные показатели точности. Также многокоординатный способ измерения позволяет создавать условия близкие к эксплуатационным, что в свою очередь даёт возможность своевременно произвести коррекцию определенного показателя. Также КИМ выгодно использовать для измерения при проведении исследовательских работ по созданию модифицированных профилей, при отработке новых технологических процессов. Программы, которыми снабжены КИМ, обычно дают возможность воспроизвести реальную поверхность зуба, то есть получить более полную информацию по профилю и линии зуба.

Измерения на координатно-измерительных машинах производится за счет перемещения щупа по профилю зубчатого колеса (рис. 2), результаты измерения поступают в компьютер, там обрабатываются и выводятся на экран или принтер в виде отчетов, содержащих диаграммы измерений.

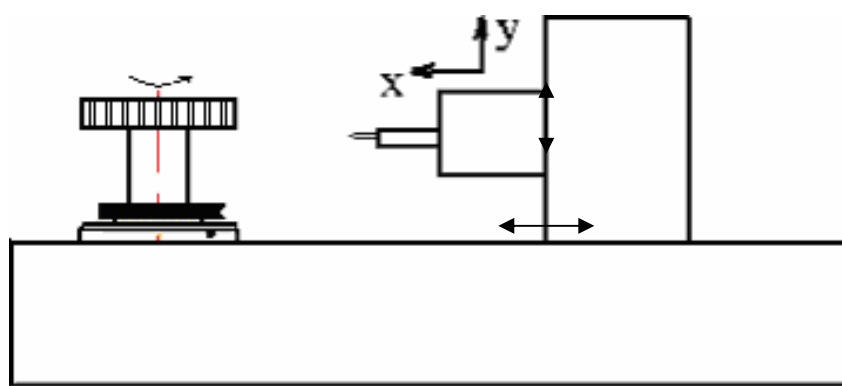


Рис. 2. Измерения на координатно-измерительной машине

Обработка информации на компьютере происходит по специальным алгоритмам, содержащих ряд формул для расчета параметров, которые можно определить только математически. Например:

$$d_{\text{в}} = d \cos \alpha, \quad (1)$$

где $d_{\text{в}}$ — диаметр основной окружности, мм; d — диаметр делительной окружности, мм; α — угол зацепления, град.

$$\varphi = \frac{180^\circ S^2}{\pi d_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где φ — угол поворота, град; S — линейное перемещение, мм.

$$S = \sqrt{\left(\frac{d_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{\text{в}}}{2}\right)^2}, \quad (3)$$

где d_a — диаметр вершин зубьев, мм [2].

Применение координатно-измерительных машин для контроля зубчатых колес позволяет повысить точность их изготовления, а также производительность за счет измерения всех параметров на одном приборе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калашников, С.Н. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников [и др.]. — М.: Машиностроения, 1990. — 464 с.
2. Калашников, А.С. Технология изготовления зубчатых колес / А.С. Калашников. — М.: Машиностроение, 2004. — 480 с.
3. Марков, Н.Н. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов / Н.Н. Марков, Г.М. Ганевский. — М.: Машиностроение, 1993. — 416 с.
4. Калашников, С.Н. Комплексная автоматизация производства зубчатых колес / С.Н. Калашников, А.С. Калашников [и др.]. — М.: Машиностроение, 1991. — 288 с.
5. Елисеев, Ю.С. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурич [и др.]. — М.: Высшая школа, 2001. — 493 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

А.И. Суркова, В.М. Буртовой

Одним из наиболее важных условий успешного существования любого машиностроительного предприятия является выпуск качественной, конкурентоспособной продукции. В условиях современной рыночной экономики от предприятия также требуется возможность быстрой и мало затратной переналадки производства. Использование станков с ЧПУ помогает существенно упростить решение данных задач. Станки с ЧПУ отличаются возможностью быстрой переналадки на выпуск новой продукции, позволяют значительно увеличить концентрацию переходов, выполняемых за один установ, а так же имеют возможность реализации сложных многокоординатных циклов обработки. Однако даже с использованием станков с ЧПУ роль человека не уменьшилась.

Технологическая подготовка производства и организация надежной работы станков с ЧПУ — трудоемкая задача, которая зависит в существующем производстве от опыта и квалификации наладчика. Оператор визуально и на слух следит за работой всех механизмов и процессом резания по заданной программе. До 70 % времени технологической подготовки производства занимает отладка управляющей программы, ее пошаговая отработка, корректировка режимов резания, проверка выполняемых размеров и т.д. [1]. Применение контактных и бесконтактных датчиков в системах автоматизированного контроля помогает повысить эффективность обработки деталей на станках с ЧПУ.

Появление контактного датчика в 70-х годах прошлого столетия привело к тому, что возникла возможность применения координатных измерений на станках с ЧПУ, однако в то время развитие программного и аппаратного обеспечения не позволяло в полной мере использовать данную возможность. В современном машиностроении уровень развития аппаратного и программного обеспечения позволяет сделать координатные измерения неотъемлемой частью технологического процесса.

С помощью систем автоматизированного контроля и технической диагностики на основе измерительных головок можно решать две основные задачи:

- контроль заготовки (детали) до обработки, во время обработки и после окончательной обработки;
- наладка и мониторинг состояния инструмента.

При решении первой задачи измерительные системы используются для контроля детали в рабочей зоне станка, а так же для выполнения точного базирования. Проведение контактных измерений так же позволяет выявлять бракованные детали с целью исключения их из дальнейшей обработки.

С помощью систем контактного измерения производят идентификацию детали, определяют правильность её расположения на столе станка (с целью компенсации ошибок закрепления заготовки на паллете и паллеты на столе), выполняют коррекцию ошибок положения стола при обработке соосных отверстий в противоположных стенках корпуса, измерение наиболее ответственных размеров и т.п.

При изготовлении партии одинаковых изделий контроль первой детали непосредственно на станке позволяет снизить время простоя станка, связанное с ожиданием результатов проверки на дополнительном устройстве вне станка, а так же производить автоматическую коррекцию любых ошибок. При использовании контактного датчика появляется возможность промежуточного контроля детали без снятия её со стола станка, чтобы обеспечить необходимую точность финишной обработки и выявить возможные ошибки, прежде чем они приведут к появлению бракованного изделия. Периодичность измерений определяется стоимостью изготавливаемой детали и степенью уверенности в неизменности характеристик станка на протяжении всего процесса обработки. Контроль детали на соответствие заданным допускам по окончании обработки позволяет убедиться в том, что изготовленное изделие соответствует заданным техническим требованиям, а так же производить статистический мониторинг процесса обработки [2].

Решение второй задачи дает возможность производить диагностику состояния инструмента, в том числе и определение его поломки. Известно, что на долю режущих инструментов приходится более 40 % общего количества отказов работы. Это свидетельствует о необходимости контроля их состояния (текущей работоспособности) с целью быстрого принятия решений.

Все методы диагностики текущей работоспособности режущих инструментов можно условно разделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного контроля, использующие физические явления, которые сопровождают процессы резания и изнашивания инструмента.

При прямом контроле параметры износа (характеристики лунок и ленточек износа) на контактных площадках инструмента измеряются непосредственно в процессе обработки. При выполнении прямых измерений используют вспомогательные или холостые ходы инструмента, выход инструмента или режущих кромок (зубьев) из процесса обработки. Данный метод обладает повышенной надежностью.

При косвенном методе контролируются различные характеристики процесса резания (силы резания, мощность и т.д.), которые имеют определенные корреляционные связи с величиной и интенсивностью износа режущих кромок инструмента. Пригоден он также для регистрации резких или скачкообразных изменений износа или разрушения режущих кромок инструмента в течение коротких интервалов времени [3].

Устройства для прямого контроля (рис. 1) обеспечивают более высокую достоверность измерений и получили достаточно широкое распространение.

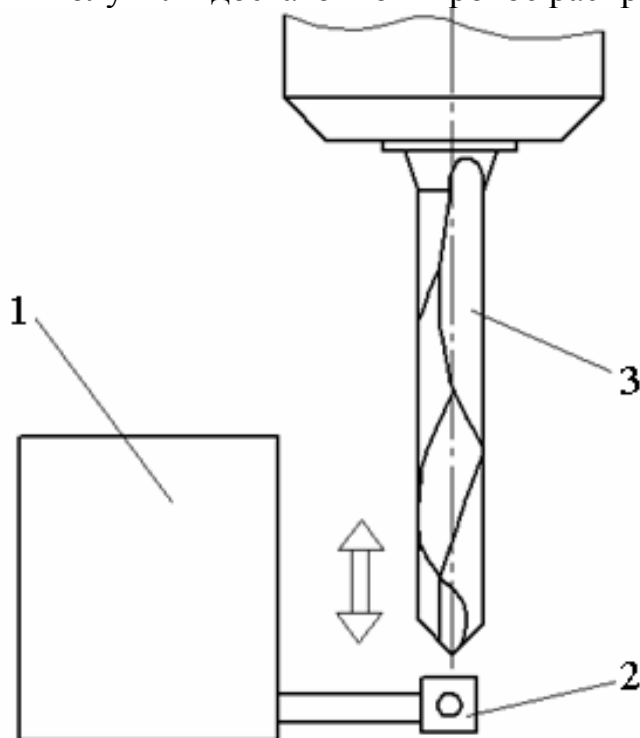


Рис. 1. Контроль инструмента контактным датчиком:
1 — корпус контактного датчика, закрепленного в рабочей зоне станка;
2 — твердосплавная пластина; 3 — контролируемый инструмент

Таким образом, использование контактных и бесконтактных измерительных систем существенно облегчает работу оператора станка, а так же позволяет сократить вспомогательное время подготовки производства за счет более быстрой наладки инструмента, установки и базирования детали, возможности контроля ряда параметров на столе станка и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюханов, В.Н. Автоматизация машиностроительного производства / В.Н. Брюханов, А.Г. Схиртладзе, В.П. Вороненко. — М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2002. — 288 с.
2. Городецкий, М.С. Контроль и диагностика в ГПС: Практик. пособие / М.С. Городецкий, Д.Л. Введенский // Под ред. В.И. Черпакова. — М.: Высшая школа, 1989. — 96 с.
3. Обработка деталей на станках с ЧПУ: учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. — Минск: Новое знание, 2005. — 287 с.

ДИАГНОСТИКА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ ТОКАРНОЙ И СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

В.И. Гузеев, А.И. Суркова

На долю режущих инструментов (РИ) приходится более 40% общего количества отказов (поломка или предельный износ) при механической обработке на станках с ЧПУ. Это препятствует полной автоматизации циклов обработки, требует постоянного контроля со стороны оператора, следовательно, возникает необходимость внедрения средств автоматизированного контроля состояния РИ и специализированных программных циклов для систем ЧПУ, обеспечивающих анализ информации с целью быстрого принятия решений. В общем случае могут быть приняты следующие решения:

- выключить станок (наиболее простой и радикальный способ);
- изменить соответствующие кадры управляющей программы станков с ЧПУ;
- выполнить корректирующие перемещения инструментов;
- изменить подачу или частоту вращения шпинделя станка с адаптивным управлением;

Все методы диагностики текущей работоспособности можно разделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного контроля, использующие физические явления, которые сопровождают процессы резания и изнашивания инструмента [1]. Основные варианты реализации методов диагностики приведены в таблице.

Устройства для прямого контроля обеспечивают более высокую достоверность и получили достаточно широкое распространение. Наиболее часто для этого применяются контактные и бесконтактные датчики.

Датчики можно использовать на обрабатывающих центрах и токарных станках с ЧПУ для наладки, контроля износа и обнаружения поломки инструмента.

На обычном обрабатывающем центре датчик для наладки инструмента может быть установлен прямо на стол станка. Неподвижный или вращающийся инструмент подводится к щупу датчика и касается его наконечника.

На специализированных и на токарных станках применяется измерительная рука для подвода датчика к инструменту. Существуют как ручные, так и полностью автоматические системы для наладки инструмента. Управление вво-

дом датчика в рабочую зону с помощью автоматической руки (рисунок) осуществляется программными средствами, в то время как перемещение датчика в рабочую зону станка и обратно с помощью неавтоматической руки выполняется вручную [2].

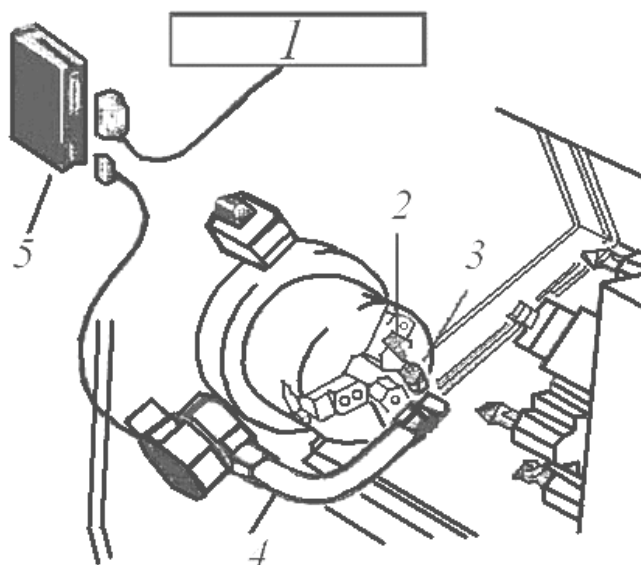
Таблица

Классификация способов контроля состояния режущих инструментов

Объект контроля	Контролируемый параметр
Режущий инструмент	Ширина площадки износа
	Вибрации
	Температура
	Остаточная радиоактивность
	Расстояние от вершины или режущей кромки до постоянной базы
Обрабатываемая деталь	Размеры
	Шероховатость обработанной поверхности
	Температура на поверхности
Стружка	Форма
	Направление схода
	Температура
	Радиоактивность
Процесс резания	Длительность цикла обработки
	Мощность резания
	Силы резания
	Вибрации
	Акустическая эмиссия
	ЭДС в зоне резания
	Электрическое сопротивление зоны контакта инструмент – деталь

Неавтоматические системы наилучшим образом подходят для тех случаев, когда наладка инструмента осуществляется относительно редко. Полностью автоматические системы идеально подходят для частой перенастройки на новую партию изделий или организации технологического процесса, исключая участие оператора.

Прежде чем выполнять наладку инструмента, необходимо выполнить калибровку положения щупа с целью определения его точек срабатывания по отношению к базе станка. Это достигается путем использования известного контрольного инструмента. Повторная калибровка должна выполняться периодически [3].



Моторизованная измерительная рука фирмы «Renishaw»,
установленная на токарном станке с ЧПУ:
1 – контроллер; 2 – датчик; 3 – датчик RP3; 4 – моторизованная
измерительная рука; 5 – интерфейс

Автоматизированная наладка инструмента обеспечивает существенную экономию времени и уменьшение времени простоя станка, высокую точность измерения длины и диаметра инструмента, автоматизацию определения и ввода коррекции на инструмент, отсутствие ошибок, связанных с неточными действиями оператора и определение поломки инструмента непосредственно в цикле обработки.

Моторизованная измерительная рука фирмы «Renishaw» для контроля режущего инструмента стоит около 500 тыс. рублей, для сравнения: российский токарный станок – 1,5 млн. рублей. Исходя из вышесказанного, требуется гамма измерительных датчиков и приспособлений для российских станков по оптимальной цене. Кроме того, для эффективного использования датчиков необходимо, чтобы в программном обеспечении СЧПУ были предусмотрены соответствующие измерительные циклы и подпрограммы.

Зарубежные производители по-разному решают проблему разработки программного обеспечения: Renishaw разрабатывает набор измерительных циклов (подпрограмм) для различных СЧПУ, но для российских систем ЧПУ измерительные циклы не предусмотрены. Heidenhein разрабатывает и производит датчики, и собственные системы ЧПУ, работающие совместно. Renishaw и Heidenhein разрабатывают элементарные циклы для контроля геометрии детали или режущего инструмента, но отсутствует программное обеспечение для решения задач технологического управления, например, отсутствуют циклы коррекции режимов резания в зависимости от величины износа режущего инструмента, коррекции числа рабочих ходов в зависимости от распределения припуска и погрешностей установки и т.д. Это программное обеспечение необходимо как для бес-

печения надежности работы станков с ЧПУ при малом опыте наладчиков, так и для работы в безлюдном производстве. Отсюда следует, что необходимо разработать математическое, метрологическое и алгоритмическое обеспечение для различных российских СЧПУ («Балтсистем», «Маяк» и др.), реализующее возможность диагностики состояния элементов технологической системы, измерений размерно-точностных параметров и адаптивного управления параметрами технологической операции (последовательностью технологических переходов, режимами резания, количеством рабочих ходов и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обработка деталей на станках с ЧПУ: Учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. — Минск: Новое знание, 2005. — 287 с.
2. Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ. — Каталог фирмы «Renishaw», 2005. — 73 с.
3. Высокоточная рука с электроприводом НРМА. — Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ. — Каталог фирмы «Renishaw», 2003. — 56 с.

ПОКАЗАТЕЛИ И ДИНАМИКА ИЗНОСА АБРАЗИВНЫХ ЗЁРЕН

А.А. Кошин, В.Н. Кондаков

Исследование характера и интенсивности износа абразивных зёрен в процессах шлифования, проведённое методом микрорезания единичным зерном предварительно нагретых металлических образцов, показало сложный, пространственный характер разрушения зёрен в зоне резания. Традиционно принималось в качестве показателя степени износа зерна площадка затупления [1, 2]. С позиции теории резания такой подход отражает лишь одну сторону процесса — затупление режущего клина по задней грани. Если рассматривать шлифование как процесс множественного микрорезания абразивными зёрнами, то режущие зёрна можно трактовать как микрорезцы. Для этих резцов можно выявить некоторую среднестатистическую геометрию. Тогда износ зерна в процессе резания целесообразно рассматривать, как изменение его геометрии. Если рассматривать абразивное зерно, как резец то и при его износе ему должны быть присущи все геометрические параметры, как и у резца, то есть на абразивном зерне будут появляться передние, задние углы и радиусы скругления (рис. 1).

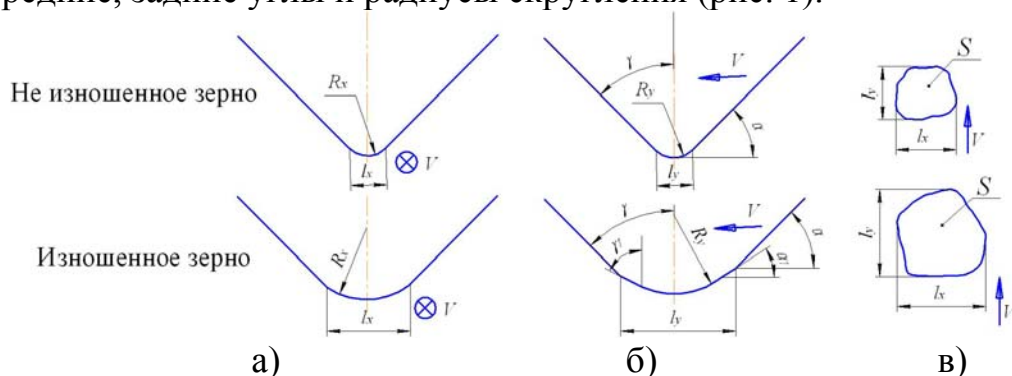


Рис. 1. Контуры площадок износа

Для оценки всех этих геометрических параметров абразивных зёрен были использованы их цифровые фотографии, полученные ранее и описанные в статье «Исследование режущих свойств абразивных зёрен методом микрорезания». Для того чтобы определить микрогеометрию абразивных зёрен их фотографии помещали в программу КОМПАС-3D V8, где контуры площадок износа обводили линиями. Полученные изображения контуров измеряли в масштабе цифровой фотографии (рис. 1), после чего по рассчитанному переводному масштабному коэффициенту переводили полученные значения. На полученных контурах площадок износа, видов с верху (рис. 1,в), измерялась длина площадки износа в направлении скорости резания и перпендикулярно ей, а так же сама площадь площадки износа. На контурах изображений видов с боку (рис. 1,б) измерялись передний угол « γ_1 », задний угол « α_1 » и радиус скругления задних площадок износа « R_y ». На контурах изображений видов спереди (рис. 1,а) измерялся радиус скругления вершины « R_x ». Результаты измерений сведены в табл. 1, 2, 3 и 4.

Таблица 1

Величины площадок износа

Количество микрорезов	Температура обрабатываемого материала							
	21 °С		200 °С		400 °С		600 °С	
	L_y	L_x	L_y	L_x	L_y	L_x	L_y	L_x
1	0,248	0,220	0,162	0,202	0,151	0,092	0,219	0,115
5	0,344	0,254	0,218	0,228	0,212	0,170	0,218	0,246
10	0,269	0,321	0,217	0,275	0,123	0,254	0,255	0,370
15	0,238	0,244	0,250	0,269	0,222	0,180	0,197	0,210
20	0,215	0,234	0,366	0,285	0,155	0,159	0,271	0,326
25	0,208	0,210	0,262	0,292	0,227	0,169	0,260	0,333
30	0,227	0,263	0,329	0,314	0,212	0,262	0,187	0,208
35	0,280	0,242	0,240	0,357	0,164	0,231	0,211	0,251
40	0,241	0,287	0,237	0,321	0,233	0,276	0,213	0,241
45	0,268	0,238	0,243	0,266	0,195	0,243	0,306	0,307
50	0,243	0,274	0,279	0,280	0,310	0,280	0,257	0,261
55	0,271	0,257	0,304	0,300	–	–	0,253	0,295
60	0,285	0,334	0,292	0,279	0,402	0,395	0,251	0,256
Дисперсия	0,001	0,001	0,003	0,002	0,006	0,006	0,001	0,004
$X_{ср}$	0,257	0,260	0,262	0,282	0,217	0,226	0,238	0,263
Кoeff. вариации	13,875	14,037	20,290	13,848	35,076	34,618	14,220	24,991

Таблица 2

Величины площадей площадок износа

Количество микрорезов	Температура обрабатываемого материала			
	21 °С	200 °С	400 °С	600 °С
	Площадь, S			
1	0,0372	0,0259	0,0107	0,0195
5	0,0580	0,0380	0,0262	0,0450
10	0,0586	0,0458	0,0216	0,0575
15	0,0453	0,0527	0,0304	0,0290
20	0,0385	0,0646	0,0193	0,0611
25	0,0314	0,0604	0,0298	0,0610
30	0,0367	0,0777	0,0366	0,0327
35	0,0555	0,0682	0,0297	0,0388
40	0,0498	0,0598	0,0450	0,0372
45	0,0465	0,0442	0,0378	0,0667
50	0,0540	0,0554	0,0641	0,0550
55	0,0457	0,0619		0,0571
60	0,0666	0,0611	0,1159	0,0491
Дисперсия	0,0001	0,0002	0,0008	0,0002
X _{ср}	0,0480	0,0551	0,0389	0,0469
Коэфф. вариации	21,5102	24,9501	71,3485	30,8512

Таблица 3

Изменение передних и задних углов

Количество микрорезов	Температура обрабатываемого материала			
	21 °С	200 °С	400 °С	600 °С
	Передний угол γ_1	Передний угол γ_1	Передний угол γ_1	Передний угол γ_1
1	60,59	82	71,05	77,11
5	54,66	62	55,07	73,39
10	69,22	57,84	63,34	62
15	57,11	76,15	78,4	56,39
20	46,86	68,82	74,34	71,08
25	63,03	77,15	66,12	68,27
30	65,92	65,64	75,67	64,33
35	77,23	58,69	71	73,07
40	65,42	79,5	61,1	80,62
45	72,9	63,92	56,85	65,4
50	65,69	83,5	70,19	67,79
55	69	61,35		77,49
60	55,93	65,25	55,39	64,39
Дисперсия	67,979	82,901	66,200	48,135
X _{ср}	63,350	69,37	66,543	69,333
Коэфф. вариации	13,0147	13,125	12,227	10,006

Изменение радиус векторов

Количество микрорезов	Температура обрабатываемого материала							
	21 °C		200 °C		400 °C		600 °C	
	Ry	Rx	Ry	Rx	Ry	Rx	Ry	Rx
1	1,021	0,364	0,236	0,288	0,411	0,189	0,454	0,085
5	0,236	0,388	0,217	0,156	0,775	0,203	0,468	0,548
10	0,667	0,288	0,648	0,260	0,222	0,232	0,383	0,388
15	0,733	0,331	0,430	0,284	0,548	0,137	0,449	0,137
20	0,809	0,279	1,277	0,232	0,591	0,170	0,771	0,232
25	1,121	0,463	0,435	0,359	0,794	0,227	0,889	0,567
30	0,671	0,742	0,761	0,326	0,374	0,416	0,652	0,284
35	1,844	0,548	0,596	0,270	0,416	0,648	0,364	0,345
40	0,548	0,303	0,600	0,837	0,572	0,388	0,676	0,288
45	0,742	0,241	0,950	0,454	0,369	0,246	1,026	0,378
50	0,539	0,704	0,615	0,359	1,092	0,402	0,794	0,558
55	1,050	0,270	0,941	0,378			0,671	0,407
60	0,771	0,331	0,648	0,298	0,955	0,790	0,700	0,416
Дисперсия	0,149	0,027	0,087	0,027	0,069	0,041	0,042	0,023
X _{ср}	0,827	0,404	0,643	0,346	0,593	0,337	0,638	0,356
Коэфф. вариации	46,653	40,763	45,773	47,625	44,202	60,200	31,999	6,472

По результатам полученных данных были построены графики зависимостей величин износа от количества микрорезов (см. рис. 2, рис. 3, рис. 4, рис. 5).

Зависимость между величиной износа перпендикулярной вектору скорости и количеством микрорезов

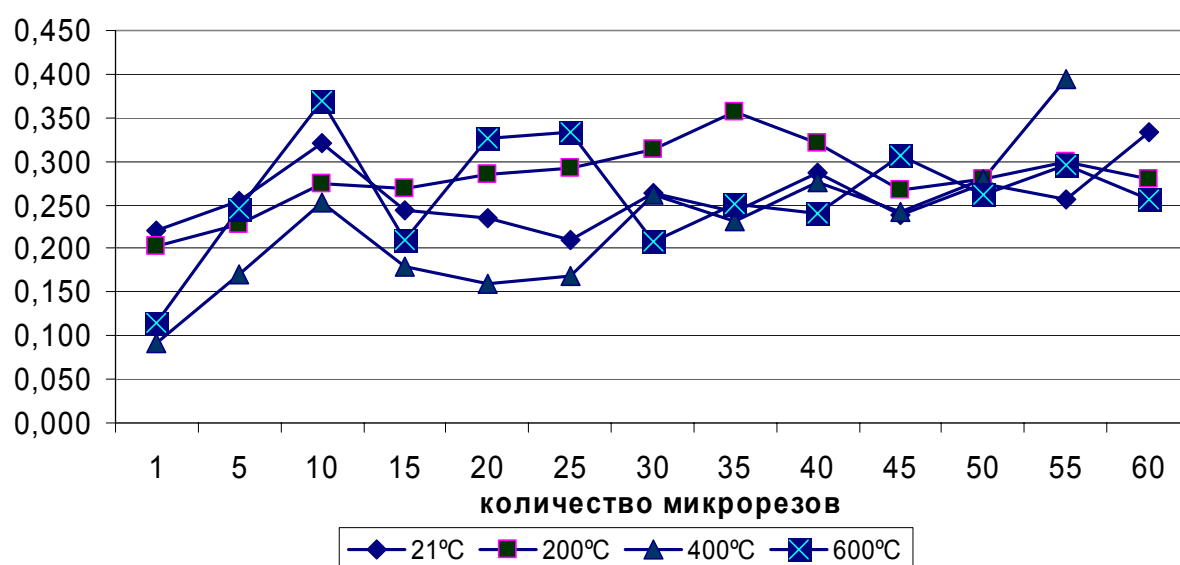


Рис. 2. Графики изменения линейных размеров площадок износа

Зависимость между величиной износа параллельной вектору скорости и количеством микрорезов

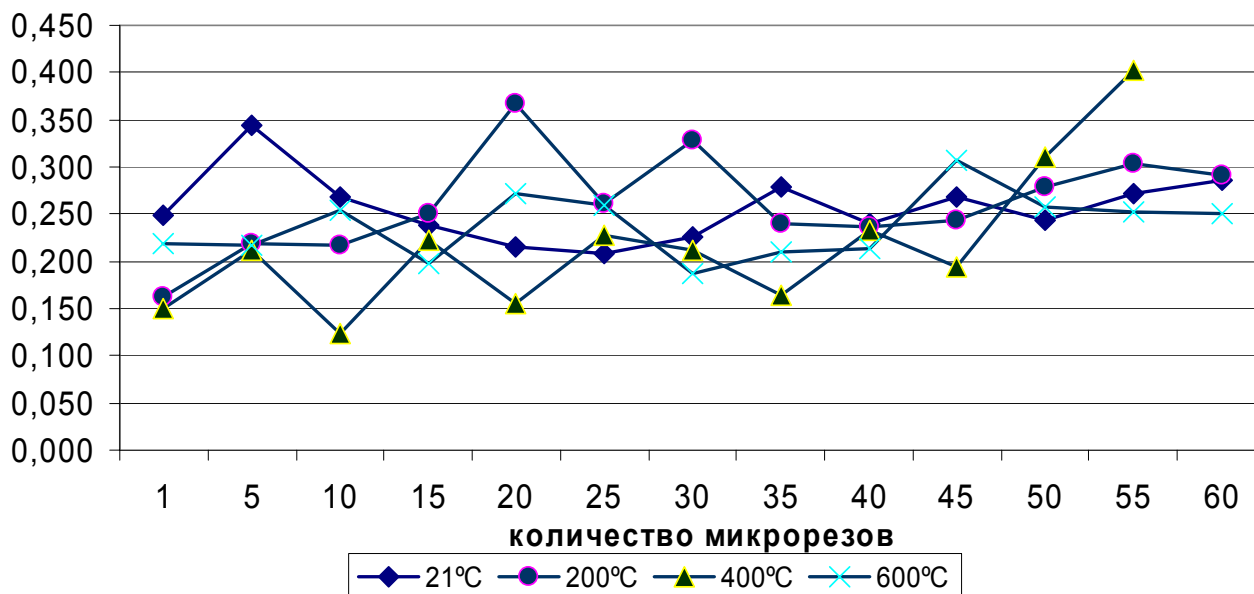


Рис. 3

Зависимость между величиной площади площадки износа и температурой резания

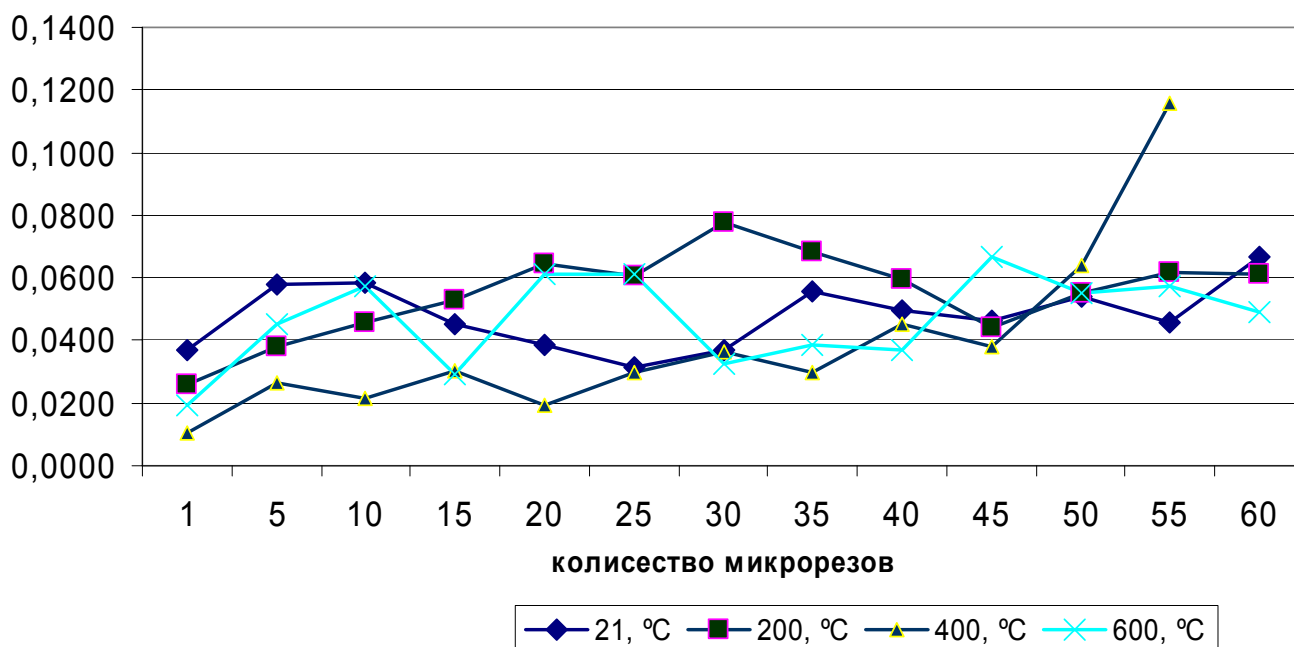


Рис. 4. Графики изменения площади площадки износа

Зависимость между величиной переднего угла и количеством микррезов

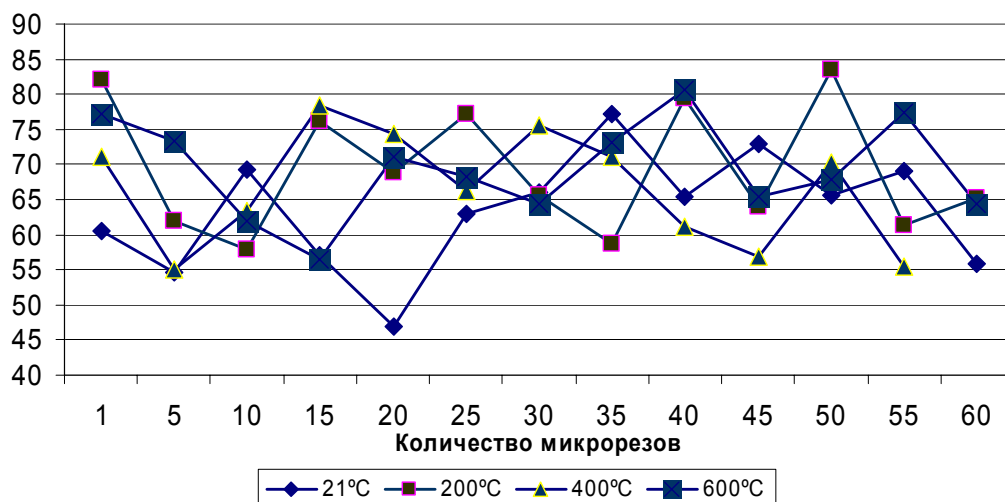
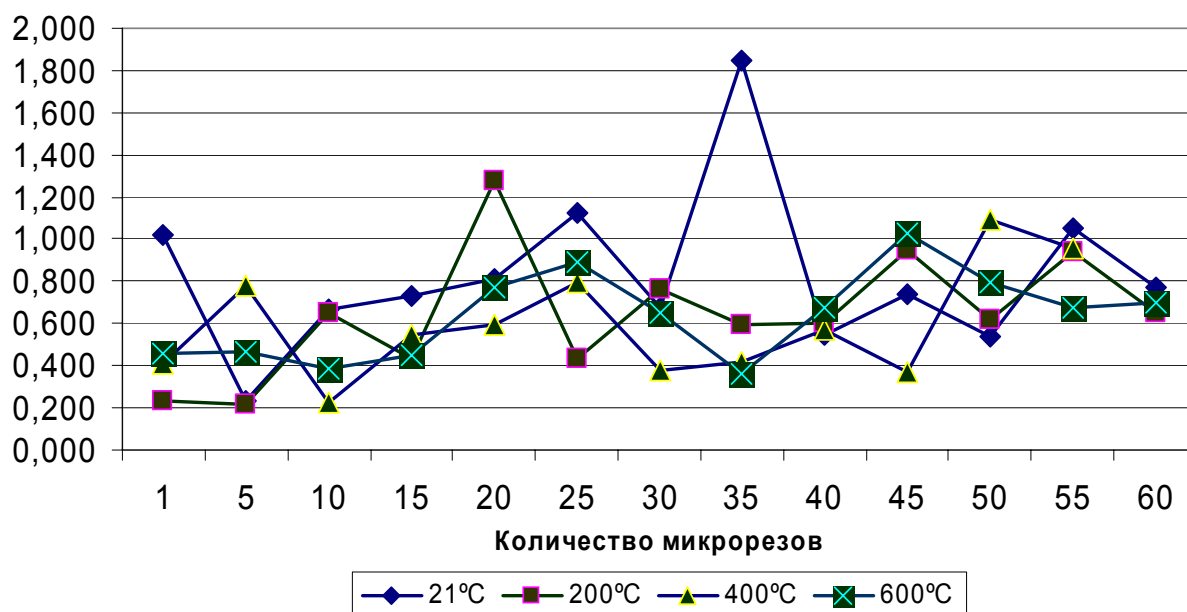


Рис. 5. Графики изменения углов площадки износа

Из полученных результатов видно:

- процесс износа стохастичен, так как коэффициент вариации велик;
- задний угол отсутствует;
- интенсивность роста площадок износа возрастает с увеличением температуры до определённого момента, а затем начинает падать (см. рис. 6, рис. 7, рис. 8).

Зависимость между величиной радиуса скругления задней площадки затупления и количеством микррезов



a)

Рис. 6. Графики изменения радиус-векторов на площадках износа

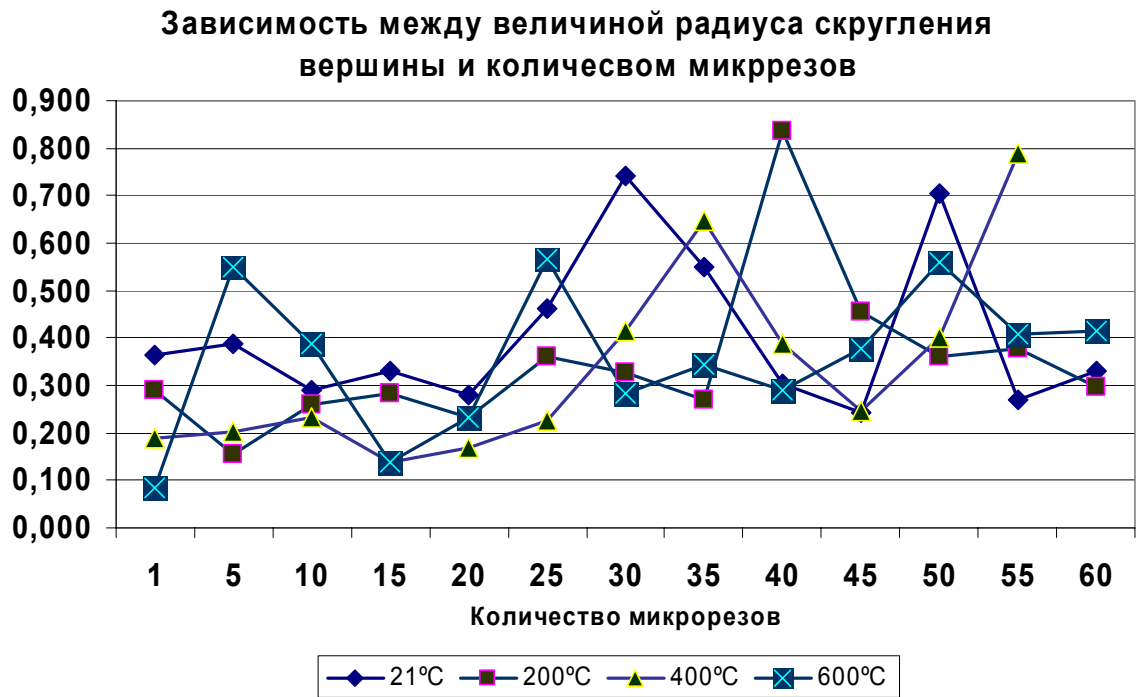


Рис. 7

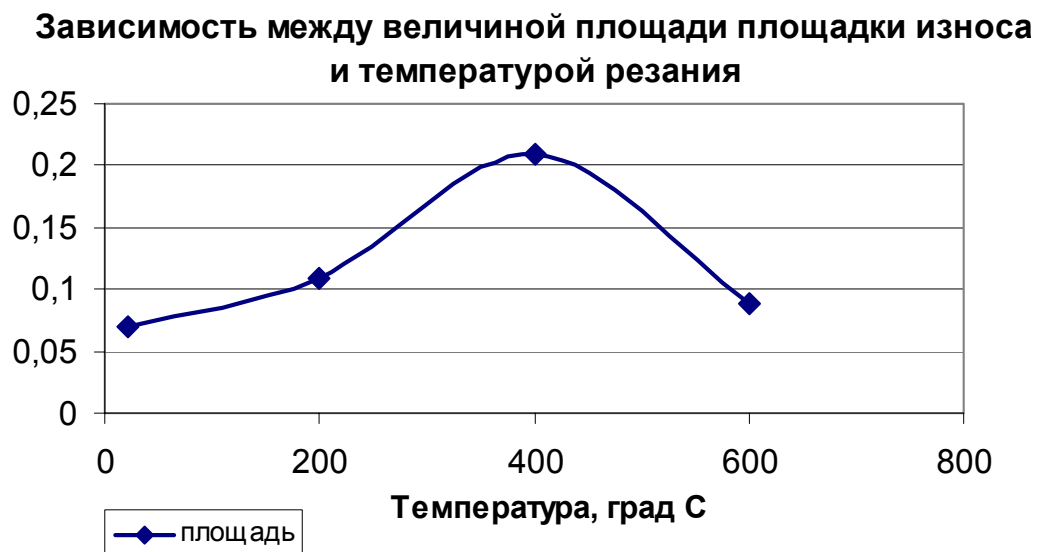


Рис. 8. Зависимость интенсивности роста площадок износа от температуры

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лоладзе, Т.Н. Износ алмазов и алмазных кругов / Т.Н. Лоладзе, Г.В. Бокучава. — М.: Машиностроение, 1967. — 112 с.
2. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования / С.Н. Корчак. — М.: Машиностроение, 1974. — 280 с.

АНАЛИЗ РАСЧЕТА СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК В ТРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ

В.А. Батуев, С.А. Юмин

Для современного этапа производства машин, оборудования, приборов и других видов изделий характерной особенностью является постоянное появление новой продукции. Такое производство невозможно без создания современных средств производства — технологического оборудования и технологической оснастки.

Современное технологическое оборудование включает в себя специализированные металлорежущие станки, станки с ЧПУ, станки типа обрабатывающие центры и т.д.

Технологической оснасткой являются средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К технологической оснастке современного производства относятся режущие инструменты, измерительные инструменты и технологические приспособления.

В общем объеме технологических приспособлений особое место занимают приспособления для установки и закрепления заготовок на станках.

К зажимным устройствам предъявляются следующие требования [1]:

- а) при зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием;
- б) зажим не должен вызывать деформации закрепляемых в приспособлении заготовок или порчи (смятия) их поверхностей;
- в) сила зажима должна быть минимальной необходимой, но достаточной для обеспечения надежного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки;
- г) зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

В технической литературе по инженерному проектированию станочных приспособлений основное внимание уделяется описанию конструкций приспособлений, сообщаются сведения о погрешности установки деталей в приспособлениях, которые учитывают в основном погрешности базирования и погрешности, вызываемые неточностью изготовления приспособления. При этом мало уделяется внимания определению и учету факторов, влияющих на удерживающую способность зажимных устройств, в том числе внедрение зубьев насечки в зажимаемую заготовку и ее деформация под действием усилия зажима, что снижает точность расчетов приспособлений.

Деформации, возникающие при закреплении деталей, снижают точность обработки и изменяют топографию поверхности, что влияет не только на износостойкость, но и на контактную жесткость деталей.

Погрешности, возникающие от сил зажима при предварительной обработке, влияют на технологическую наследственность при последующих чистовых операциях.

Поэтому при расчете, проектировании и эксплуатации зажимных устройств необходимо учитывать совокупность факторов, определяющих их удерживающую способность.

Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к заготовке в токарных станках наибольшее распространение получили трехкулачковые патроны (как наиболее удобные и надежные для крепления деталей в виде тел вращения).

В процессе работы на заготовку действует окружная сила резания P_z , создающая крутящий и опрокидывающий момент, осевая сила P_x , стремящаяся сдвинуть изделие вдоль оси и радиальная сила P_y , создающая опрокидывающий момент (рис. 1).

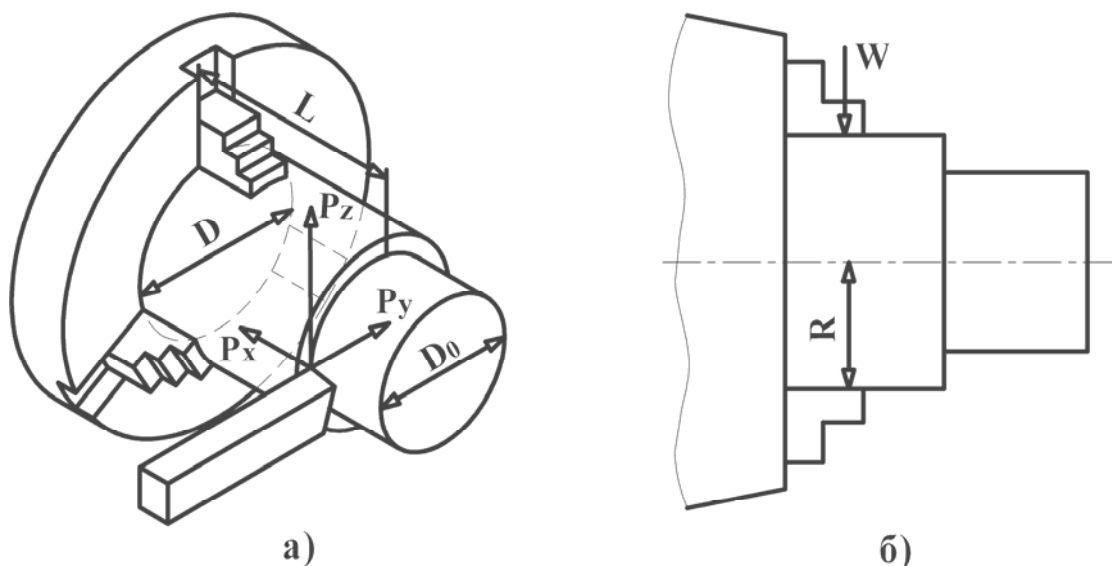


Рис.1. Силы, действующие на обрабатываемую заготовку:
а — возникающие при резании, б — возникающие при зажиме

За время одного оборота шпинделя происходит перераспределение сил между кулачками. Силы резания и особенно поперечные составляющие P_z и P_y стремятся расшатать изделие и вырвать его из патрона, а окружная сила P_z , кроме того, стремится повернуть изделие.

В литературе, силу, необходимую для удержания заготовки в трехкулачковом патроне, определяют из равенства моментов от силы трения, возникающей под действием силы W на поверхности зажима детали диаметром D , и силы P_z — вертикальной составляющей силы резания [2, 3, 4, 5]:

$$M_{тр} = W_{сум} f R = K M_{рез} = K P_z R_0, \quad (1)$$

где $M_{тр}$ — момент от сил трения; $W_{сум}$ — сила зажима заготовки всеми кулачками патрона; f — коэффициент трения (сцепления) между рабочей поверхностью кулачков и заготовкой (его величина зависит от вида рабочей поверхности кулачков); R — радиус зажатой кулачками части заготовки; K — коэффициент

запаса; $M_{рез}$ — крутящий момент, созданный силой P_z ; R_0 — радиус обрабатываемой части детали.

Из уравнения (1) имеем

$$W_{сум} = W_0 n = \frac{KM_{рез}}{fR} = \frac{KP_z R_0}{fR}, \quad (2)$$

где W_0 — сила зажима заготовки одним кулачком патрона; n — число кулачков патрона.

Величину W проверяют на возможность продольного сдвига заготовки силой P_x по формуле:

$$W_{сум} f = KP_x. \quad (3)$$

При этом расчет ведется без учета врезания губок патрона в заготовку (рис. 2) и деформации заготовки, что существенно влияет на качество обработанной поверхности. Так, например, коэффициент трения (сцепления) авторы рассчитывают по закону Кулона. Но он учитывает только взаимодействие тел без учета внедрения их друг в друга. Хотя из практики известно, что на коэффициент трения также влияет характеристика материала (его твердость) и проникновение (пластическое деформирование) в заготовку зажимных элементов.

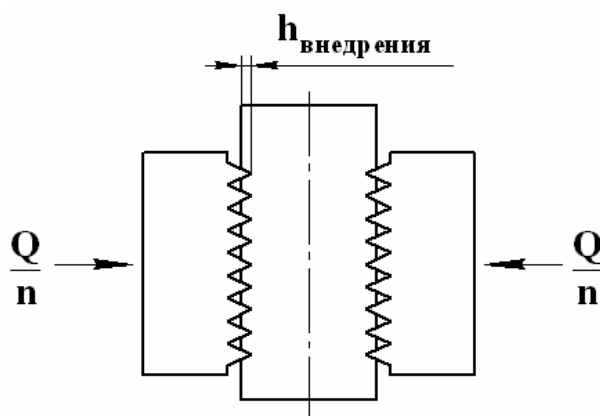


Рис. 2. Внедрение зубьев насечки в заготовку под действием силы Q

При закреплении тонкостенных изделий силы зажима вызывают деформацию и приводят к неточности обработки. В качестве примера можно привести искажение формы трубы, зажатой при обработке в трехкулачковом патроне (рис. 3).

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в технической литературе расчет зажимного усилия заготовки в приспособлении ведется по методикам, не учитывающим многих факторов, влияющих на удерживающую способность зажимных устройств:

— в расчетах используются табличные значения коэффициента трения, которые в свою очередь, содержат лишь приближенные величины, и поэтому пригодны лишь для приближенных технических расчетов;

— при определении зажимного усилия не учитывается деформация заготовки, что особенно актуально при закреплении тонкостенных деталей;

— не учитывается глубина внедрения кулачков в заготовку в местах их контакта, определяющая значение припуска необходимого для последующего удаления вмятин.

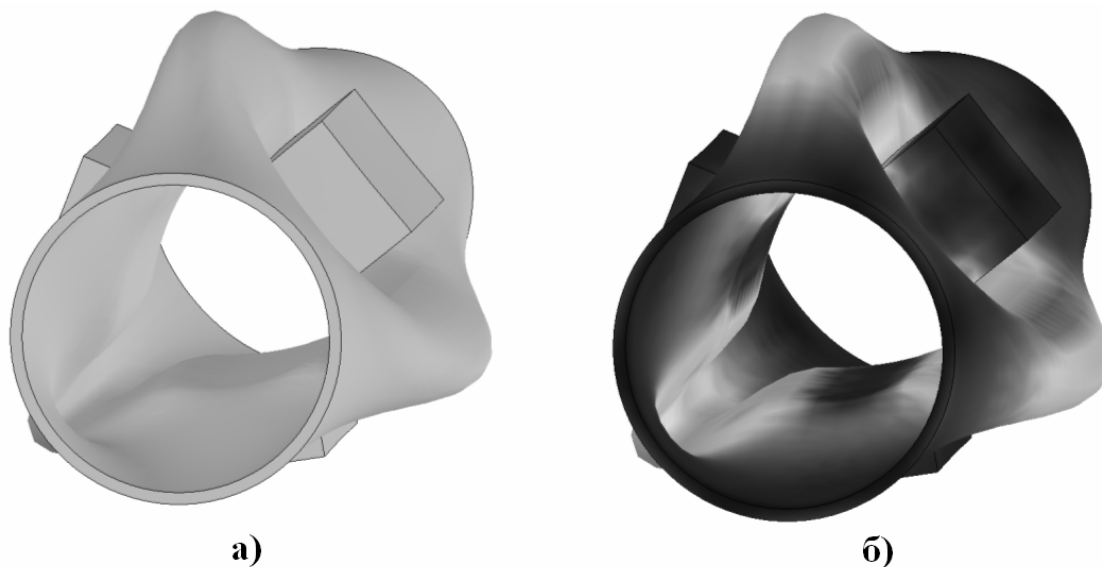


Рис. 3. Деформация трубы под действием усилия зажима:
а — деформированное состояние, б — распределение напряжений

Поэтому для повышения точности обработки и качества обработанных поверхностей необходимо решить следующие задачи:

1. Определить глубину внедрения различных видов зажимной поверхности кулачка в заготовку при разных сочетаниях материала заготовки и прилагаемых усилий.

2. Разработать методику экспериментального определения зажимного усилия, необходимого для удержания заготовки, нагруженной сдвигающей силой P .

3. Разработать методику экспериментального определения зажимного усилия, необходимого для удержания заготовки, нагруженной крутящим моментом $M_{кр}$.

4. Определить значение коэффициента сцепления для различных видов зажимных поверхностей кулачка и материалов закрепляемых заготовок.

5. Исследовать деформации тонкостенных цилиндрических деталей при их зажиме в трехкулачковом патроне.

6. Разработать силовые зависимости для аналитического расчета удерживающей способности трехкулачкового патрона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ансеров, М.А. Приспособления для токарных станков / М.А. Ансеров. — М.: Машгиз, 1957. — 126 с.

2. Андреев, Г.Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе . — М.: Высшая школа, 2001. — 415 с.
3. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. — М.: Машиностроение, 1966. — 650 с.
4. Ансеров, М.А. Зажимные приспособления для токарных и круглошлифовальных станков / М.А. Ансеров. — М.: Машгиз, 1948. — 180 с.
5. Болотин, Х.Л. Станочные приспособления / Х.Л. Болотин, Ф.П. Костромин. — М.: Машиностроение, 1973. — 344 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ-СЦЕПЛЕНИЯ

В.А. Батуев, С.А. Юмин

Одним из наиболее важных факторов, определяющих удерживающую способность зажимного устройства при его расчете, проектировании и эксплуатации, является коэффициент трения-сцепления.

Трением называется взаимодействие между телами, возникающее в месте их соприкосновения и препятствующее их относительному перемещению. В зависимости от характера относительного движения тел различают: трение скольжения, возникающее при поступательном перемещении одного тела по поверхности другого, и трение качения, возникающее тогда, когда одно тело катится по поверхности другого.

Сила трения в основном вызывается механическим зацеплением между неровностями (шероховатостями) поверхностей тел (геометрическое трение) и сцеплением между молекулами обоих тел в областях непосредственного соприкосновения (молекулярное трение) [1].

Шарль Кулон установил основные приближенные законы для сухого трения скольжения. Эти законы справедливы, когда поверхности тел не вдавливались друг в друга, а их шероховатость была не слишком велика.

Первый закон. Сила трения скольжения равна сдвигающей силе и заключена между нулем и максимальным значением, которое достигается в момент выхода тела из положения равновесия:

$$0 \leq F_{\text{тр}} \leq F_{\text{тр.max}}. \quad (1)$$

Второй закон. Максимальная сила трения скольжения при всех прочих условиях не зависит от площади соприкосновения трущихся поверхностей.

Из этого закона следует, что для того, чтобы сдвинуть, например, кирпич, необходимо приложить одну и ту же силу независимо от того, какой гранью он положен на поверхность — широкой или узкой.

Третий закон. Максимальная сила трения скольжения пропорциональна силе нормального давления тела на опорную поверхность [2, 3]:

$$F_{\text{тр.мах}} = fN, \quad (2)$$

где f — коэффициент трения-сцепления между соприкасающимися поверхностями; N — нормальная сила, воспринимаемая соприкасающимися поверхностями.

Четвертый закон. Коэффициент трения-сцепления зависит от материала и физического состояния трущихся поверхностей (степени шероховатости, влажности, температуры и других условий).

Законы Кулона приближенно справедливы при скольжении одного тела по поверхности другого с некоторой относительной скоростью. При этом коэффициент трения-сцепления зависит от относительной скорости скольжения. Для большинства материалов он уменьшается с увеличением этой скорости. В приближенных технических расчетах обычно считают, что коэффициент трения-сцепления не зависит от относительной скорости скольжения тела.

Однако уже в 19 веке стало ясно, что законы Кулона не дают правильного описания силы трения, а коэффициент трения-сцепления отнюдь не являются универсальной характеристикой. Прежде всего, было отмечено, что коэффициент трения-сцепления зависит не только от того, какие материалы контактируют, но и от того, насколько гладко обработаны контактирующие поверхности. Выяснилось также, что сила статического трения отличается от силы трения при движении.

Представим схему простейшего эксперимента (рис. 1). Будем пытаться сдвинуть с места тело, потянув за трос с пружинным динамометром. При малом перемещении конца троса тело остается на месте: силы, развиваемой пружиной динамометра, недостаточно. Постепенно увеличиваем перемещение и вместе с ним упругую силу, приложенную к телу. В какой-то момент она оказывается достаточной для того, чтобы стронуть тело с места. Зарегистрированное в этот момент показание динамометра и называют обычно силой статического трения, характеризующего предельные возможности неподвижного (статического) сцепления тел. Если мы будем продолжать медленно вытягивать трос, то тело поедет по поверхности. Оказывается, что регистрируемые в ходе движения показания динамометра будут не такими, как в первоначальный момент. Обычно сила трения при медленном движении меньше силы статического трения. Кулон изучал именно силу трения при медленном взаимном перемещении контактирующих тел.

Коэффициент трения-сцепления зависит от допустимого смещения закрепляемой детали (0,001 мм, 0,01 мм, 0,1 мм и т.д.), которое не регламентируется, и поэтому понятие о коэффициенте трения-сцепления трактуется всеми авторами различно. Поэтому необходимо регламентировать условия его определения. Это позволит создать нормали величин коэффициентов трения-сцепления с рекомендациями для расчета приспособлений.

Приведенные в справочниках значения коэффициентов трения-сцепления содержат приближенную оценку и поэтому пригодны лишь для приближенных тех-

нических расчетов. В некоторых случаях приходится ставить особые эксперименты для определения более точных значений.

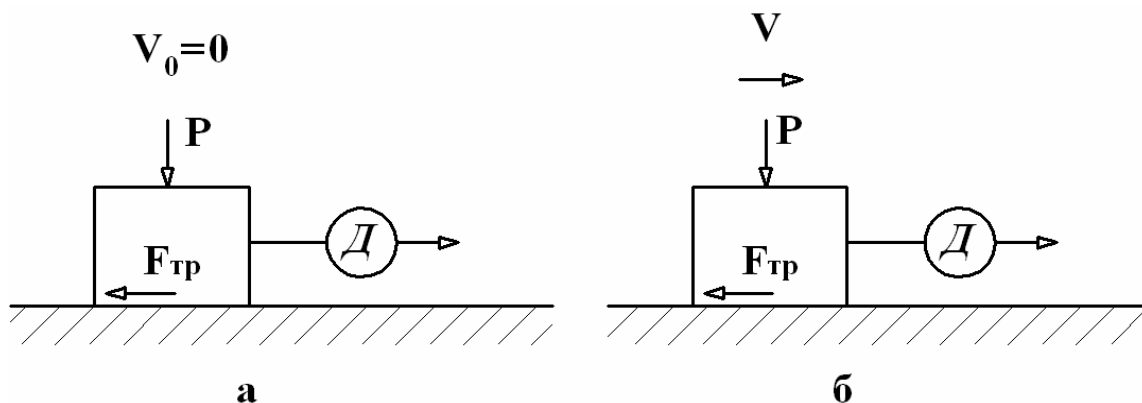


Рис. 1. Определение силы трения в различные моменты времени:
а — между неподвижными телами, б — между движущимися телами

При определении необходимого зажимного усилия в станочных приспособлениях использование приближенных коэффициентов трения-сцепления может привести к значительному снижению точности обработки. Для применения рифленых губок различных видов (рис. 2) с различными углами профиля зуба насечки (γ), различным шагом (t) и т.д. (рис. 3) необходимо знать уточненный коэффициент трения-сцепления.

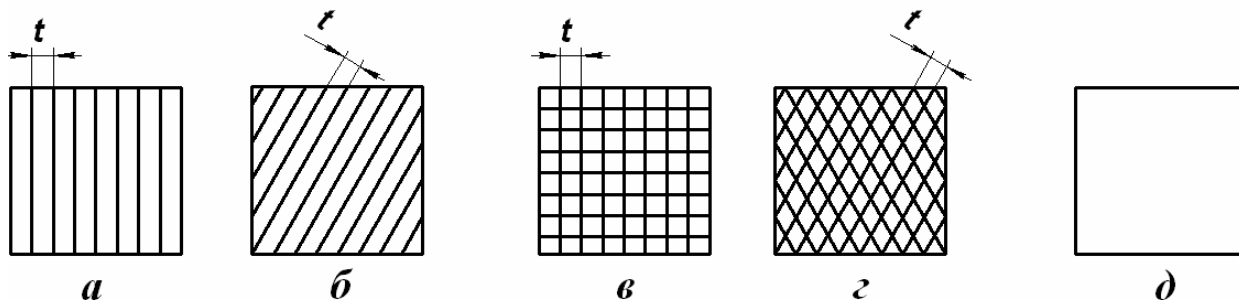


Рис. 2. Виды зажимных поверхностей:
а — рифленая прямая, б — рифленая косая, в — рифленая перекрещивающаяся прямая,
г — рифленая перекрещивающаяся косая, д — гладкая

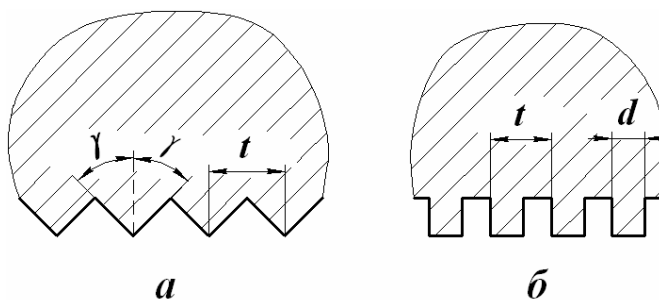


Рис. 3. Типы насечек:
а — острая, б — прямоугольная

Погрешности, возникающие от сил зажима при предварительной обработке, влияют на технологическую наследственность при последующих чистовых операциях. Неверное задание необходимого зажимного усилия может привести к увеличению глубины внедрения зубьев насечки в обрабатываемый материал, ее деформации.

Поэтому возникает необходимость определения значения коэффициента трения-сцепления для различных видов зажимных поверхностей кулачка и материалов закрепляемых заготовок.

Согласно законам Кулона коэффициентом трения-сцепления зажимного устройства называется отношение сдвигающей силы P к силе зажима Q при достижении сдвигающей силой предельного значения, превышение которого обуславливает начало смещения зажимаемого тела. Коэффициент определяется по формуле

$$\mu = \frac{P}{Q}, \quad (3)$$

Работу зажимного устройства в данном случае можно условно разделить на две стадии: внедрение зубьев насечки в материал зажимаемой детали под действием силы зажима Q и приложение к закрепляемой детали сдвигающей силы P , которая стремится переместить ее относительно губок (рис. 4).

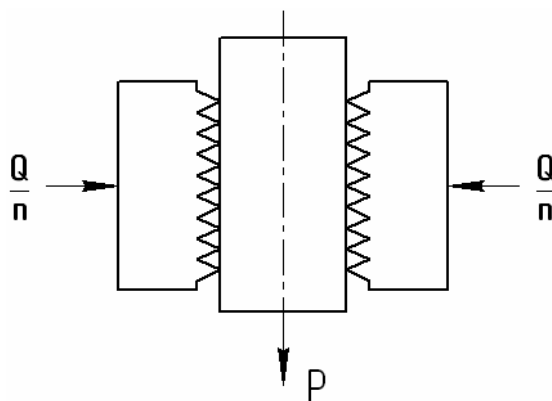


Рис. 4. Схема для определения коэффициента трения-сцепления

При выполнении опыта необходимо использовать два динамометра для определения сдвигающего (P) и зажимного (Q) усилия соответственно (рис. 5).

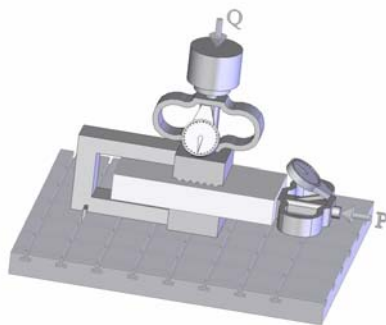


Рис. 5. Трехмерная модель установки по определению коэффициента трения-сцепления

В результате проведения опыта должны получиться уточненные значения коэффициента трения-сцепления (при заданных условиях его измерения) для различных видов зажимных поверхностей, что, в свою очередь, приведет к повышению точности обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по физике / Под. ред. Б.М. Яворского и А.А. Детлафа. — 2-е изд., перер. и доп. — М.: Изд-во Наука, 1964. — 848 с.
2. Чиненов, С.Г. Расчет и проектирование станочных приспособлений / С.Г. Чиненов, Т.П. Чиненова, М.В. Губин, В.В. Ворона. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. — 53 с.
3. Андреев, Г.Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. — М.: Высшая школа, 2001. — 415 с.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГИБКОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПО ПРОЧНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗЕРНА СВЯЗКОЙ

Н.В. Сырейщикова, А.А. Сырейщиков

В условиях современных рыночных отношений важнейшее значение приобретают повышение качества и конкурентоспособности продукции. Объективная необходимость требует знания тех подходов, которые позволяют создавать и оценивать продукцию высокого качества. Потребители требуют от изготовителя сертификаты на продукцию, как обязательное условие поставки и как объективное свидетельство её качества. Развитие рынка требует научно-обоснованного подхода к оценке качества продукции. Проблемы оценки качества особенно важны для абразивной отрасли, где продукция в настоящее время не всегда соответствует мировому уровню и где особенно важен методически верный подход к оценке её качества.

На кафедре «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета проведены научно-исследовательские работы по оценке качества гибкого абразивного инструмента (ГАИ) из шлифовальной шкурки по технологическим свойствам. Разработана методика оценки качества ГАИ по показателю прочности закрепления зерна связкой при сертификационных испытаниях в условиях испытательной лаборатории Южно-Уральского инженерного Центра. Методика предназначена для оценки качества ГАИ из шлифовальной шкурки на тканевой основе с мездровой (М), синтетической (С) и комбинированной (К) связках выпускаемого диапазона зернистостей (M28 – 125).

Технологические свойства шлифовальной шкурки для ГАИ оцениваются несколькими показателями, основным из которых является показатель прочности закрепления зерна связкой (σ) [1]. Данный технологический показатель характеризует свойства шлифовальной шкурки при определенных условиях и пределах, не разрушаясь воспринимать те или иные нагрузки. Эти свойства, в свою очередь,

зависят от физико-механических свойств связки, от глубины залегания зерна в связке, от формы зерна и т.д.

При обработке существует предельная сила, при которой зерна вырываются из связки. При этом износ инструмента считается нормальной работой, а явления разрушения – фактом его отказа, оцениваемого показателями надежности.

Условие устойчивости зерна в связке может быть выражено неравенством

$$[P] \leq P_{\max} , \quad (1)$$

где P – допускаемое усилие, действующее на зерно, закрепленное в связке; P_{\max} – критическое усилие, действующее на зерно и приводящее к разрушению связки и вырыву зерна из неё.

Величиной допустимой силы, приходящейся на единицу площади, количественно оцениваем показатель прочности закрепления зерна связкой

$$\sigma \equiv \frac{1}{6} \left[2b(1 + U \cdot c) \sqrt{P_x^2 + P_z^2} + P_y \cdot c \right] (c \cdot b^2 \cdot K_n \cdot \psi \cdot j \cdot F_k)^{-1}, \frac{H}{\text{мм}^2}, \quad (2)$$

где P_y, P_x, P_z – составляющие силы резания, Н; F_k – площадь контакта при шлифовании, мм^2 ; b – номинальный размер зерна основной фракции, мм; c – величина заглабления зерна в связку, мм; K_n – коэффициент нанесения шлифматериала на основу; ψ – коэффициент, учитывающий закон распределения числа зерен по поверхности; j – коэффициент жесткости шлифовальной шкурки; ϕ' – коэффициент формы зерна; U – выражение, связывающее между собой параметры заделки зерна в связку для трех случаев:

$$r_c < 0,5 \quad U = \frac{2(3\phi' \cdot b - c)}{b^2}, \quad (3)$$

$$r_c = 0,5 \quad U = \frac{3\phi' \cdot b - 4c}{b^2}, \quad (4)$$

$$r_c > 0,5 \quad U = \frac{4\phi' \cdot b(\phi' \cdot b - c + 1,56)}{0,25(\phi' \cdot b)^3 + c^3 + \frac{c_z}{c_x} b^3 - 1,25\phi' \cdot c b(\phi' \cdot b - c)}, \quad (5)$$

где r_c – величина относительного заглабления зерна в связку, равная

$$r_c = \frac{c}{b \cdot \phi'}. \quad (6)$$

Метод определения показателя σ шлифовальной шкурки основан на количественной оценке прочности закрепления зерна связкой путем расчета допустимой силы, приходящейся на единицу площади по установленной величине заделки зерна в связку (c).

Для расчета экспериментально устанавливается количество нанесенной связки M , г.

Рассчитывается величина заделки зерна в связку

$$C = \alpha + \beta M, \quad (6)$$

где M – количество нанесенной связки, г, установленное экспериментально; α и β – эмпирические коэффициенты, имеющие значения для шкурки на связках мездровая ($\alpha = 0,1045$ и $\beta = 0,1111$) и синтетическая ($\alpha = -0,5754$ и $\beta = 0,2739$).

Определяются значения составляющих сил резанья: P_y, P_x, P_z .

Составляющие сил резанья определяются экспериментально, путем измерения специальными устройствами в процессе шлифования по [2], а при отсутствии возможности измерения, они определяются приближенно расчетным путем по формулам

$$P_y \approx P_{пр}, Н; \quad P_x \approx 0,15 P_z, Н; \quad P_z \approx P_y / 1,5, Н,$$

где $P_{пр}$ – радиальное усилие прижима инструмента и заготовки, Н.

Номинальный размер зерна b определяется по формуле

$$b = 0,01N, \text{ мм}, \quad (7)$$

где N – зернистость шлифовальной шкурки (ГАИ).

Коэффициенты нанесения шлифматериала на основу равны:

- для сплошного вида рабочего слоя шкурки на связке типа «М» и «С» $K_n = 1$;
- для рельефного вида рабочего слоя шкурки на связке типа «М» $K_n = 0,35$ – 0,80 по ГОСТ 5009-82 ($K_n = \frac{a}{t}$, где a – ширина рельефа, мм; t – шаг рельефа, мм).

Коэффициенты жесткости шлифовальной шкурки равны:

- на синтетической связке типа «С» $j = 0,03$;
- на мездровой связке типа «М» $j = 0,01$.

Коэффициент формы зерна ϕ' для принятой модели зерна в виде эллипсоида вращения определяется отношением большей оси к меньшей и составляет $\phi' = 1,5 \pm 0,2$.

Выражение U определяется для одного из трех случаев по формулам (3), (4) и (5), где величины s, b, ϕ' определены ранее, а отношение коэффициентов упругого равномерного сжатия связки по вертикали и горизонтали для шлифовальной шкурки:

- на связке типа «М»: $C_x / C_z = 0,60$;
- на связке типа «С»: $C_x / C_z = 0,55$.

Значение коэффициента ψ в формуле (2) устанавливается по таблице 1 в зависимости от размера зерна основной фракции или зернистости шлифовальной шкурки. Производится определение показателя прочности закрепления зерна σ по формуле (2).

Зависимости показателя σ от размера зерна шлифовальной шкурки, выявленные при анализе формулы (2) и существующие на практике, проиллюстрирова-

ны на рисунке. Как видно из зависимостей рисунка, показатель σ возрастает с увеличением зернистости шлифовальной шкурки. Показатель σ для определенных экспериментальным путем средне статистических значений величин зерна C в 1,5 – 1,1 раза больше для связок «С», чем для связок «М», для критических значений величины C в 2,5 – 1,1 раза больше для связок «С», чем для связок «М».

Сопоставляются полученные значения показателя σ с критическими значениями показателя σ_{\max} по таблице 2.

Таблица 1

Значения коэффициента ψ для расчета показателя прочности удержания зерна связкой

Зернистость N	Среднее квадратическое отклонение S	b, мм	Коэффициент ψ
M28	7,35	0,028	0,2300
M40	7,9	0,031	0,1958
M50	8,3	0,050	0,1579
M63	8,9	0,063	0,1093
4	9,2	0,040	0,1309
5	10,9	0,053	0,1137
6	11,5	0,060	0,0953
8	14,1	0,080	0,0756
10	18,0	0,100	0,0504
12	25,6	0,120	0,0103
16	33,3	0,160	0,0072
20	40,9	0,200	0,0051
25	51,0	0,250	0,0037
32	56,2	0,320	0,0027
40	85,0	0,400	0,0014
50	115,0	0,500	0,0008
63	140,0	0,630	0,0005
80	118,0	0,800	0,0005
100	139,9	1,000	0,0003
125	151,1	1,250	0,0003

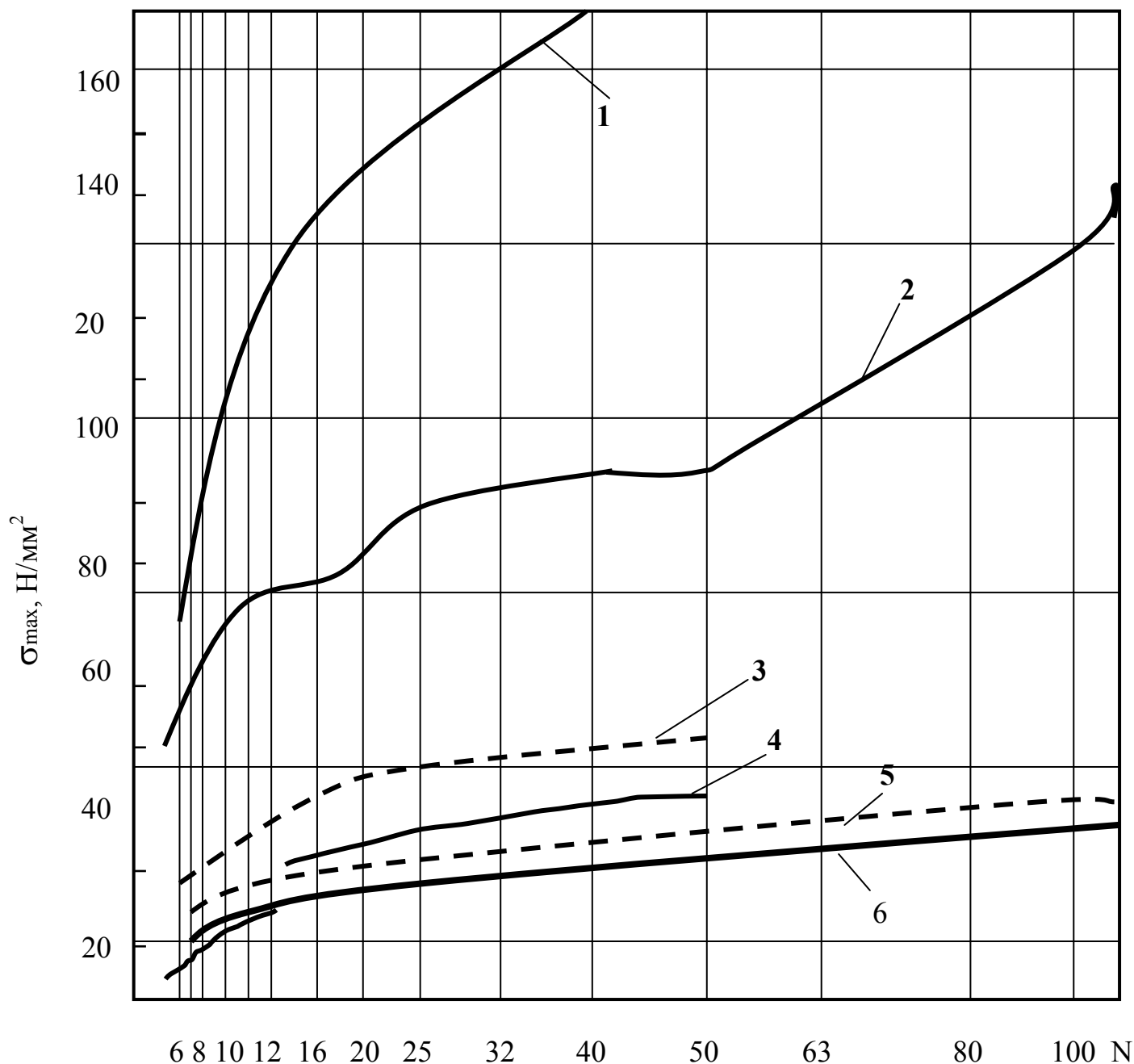


Рисунок. Зависимости показателя прочности закрепления зерна от зернистости шкурки:
 1, 3, 4 – для шкурки на связке С; 2, 5, 6 – для шкурки на связке М;
 1 и 2 – верхняя граница доверительного интервала; 4 и 6 – нижняя граница доверительного интервала; 3 и 5 – экспериментальные зависимости при среднестатистических значениях величины С

Согласно формуле (1) условие устойчивости зерна в связке через показатель σ выражается неравенством

$$\sigma_{max} \geq \sigma. \quad (8)$$

Определяется показатель надежности ГАИ путем расчета коэффициента запаса прочности связки шкурки

$$Kз.п.= \sigma_{\max} / \sigma. \quad (9)$$

Коэффициент запаса прочности шкурки определяет среднее время работы ГАИ до разрушения рабочего слоя и связывает характеристику инструмента (показатель σ) с условиями его применения.

Методика оценки качества ГАИ по технологическому свойству показателем прочности закрепления зерна связкой прошла широкую промышленную апробацию, что позволило при внедрении получить годовой экономический эффект в размере 45,9 тыс. руб.

Таблица 2

Значения показателя прочности закрепления зерна связкой

Зернистость	Предельно допустимое давление шлифования, МПа для ГАИ на связках		Предельные значения σ_{\max} , Н/мм ² при c_{\min}	σ_{\max} , Н/мм ² для ГАИ на связках	
	С	М		С	М
M28	0,43	–	69	17	–
M40		0,39		19	16
M50;4	0,47	0,39	79	20	17
M63;5				21	18
6				23	19
8	0,54	0,47	98	25	20
10				27	21
12				29	22
16	0,62	0,51	117	31	23
20				–	–
25	0,78	0,58	141	36	25
32				38	26
40	0,92	0,62	165	40	28
50				42	29
63	–	0,71	120	–	30
80				–	31
100	–	0,78	140	–	32
125				–	34

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Сырейщиков, А.А. Назначение технологических показателей характеристики шлифовальной шкурки при компьютерном проектировании операций шлифования / А.А. Сырейщиков, Н.В.Сырейщикова // Прогрессивные технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. – Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – С. 11–13.

2 Оценка качества ГАИ по эксплуатационным свойствам: методика / А.Л. Шестаков, В.И. Гузеев, А.А. Сырейщиков. – Челябинск, Изд-во ЮУрГУ; 2001. – 9 с.

АНАЛИЗ ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА ПРОФИЛИРОВАНИЯ

В. Г. Шаламов, Е. А. Зимовец

При решении прямой задачи формообразования необходимо определять угловое положение профиля винтовой поверхности в момент профилирования. На рис. 1 дана графическая интерпретация этого угла. Это связано с тем, что исходные данные задаются для положения 1 профиля. А профилирование k -ой точки осуществляется в положении 2 профиля. φ_k – угол профилирования.

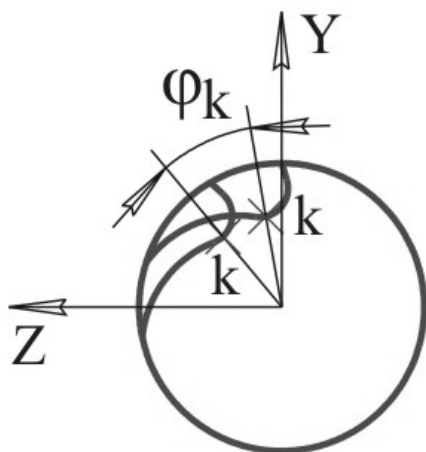


Рис. 1. Угол профилирования:
1 – исходное положение профиля;
2 – положение профилирования.

Угол профилирования определяется из уравнения [1]:

$$\varphi = \frac{(Y_{ip} \cos \tau - Z_{ip} \cos \tau \sin \varphi)(Y_{ip} \sin \varphi + Z_{ip} \cos \varphi - A) +}{P \left[-\cos \tau (P + A \operatorname{tg} \tau) + (A - Y_{ip} \sin \varphi - Z_{ip} \cos \varphi) \sin \tau \right]}, \quad (1)$$

$$\frac{+(Z_{ip} \sin \varphi \sin \tau - Y_{ip} \cos \varphi \sin \tau)(P + A \operatorname{tg} \tau)}{}$$

где Y_{ip} , Z_{ip} – координаты точек профиля детали в радиальной плоскости, мм; A – межосевое расстояние, мм; τ – угол разворота оси дискового инструмента, град; P – винтовой параметр, мм.

Уравнение является трансцендентным, так как угол φ входит самостоятельно и как аргумент находится под знаком функции. В связи с тем, что уравнение содержит тригонометрические функции искомого параметра, оно может иметь множество корней: при этом только один действительный и несколько мнимых. Решить трансцендентное уравнение можно одним из численных методов, например, методом деления отрезка пополам. При использовании этого метода необходимо задавать интервал, на котором находится действительный корень уравнения или из множества найденных корней определять действительный. В любом случае необходимо знать интервал нахождения действительного корня.

Так как уравнение угла φ представлено в виде дроби, то диапазон изменения угла можно определить, установив наибольшее и наименьшее значение выражений, стоящих в числителе и в знаменателе. Для определения этих значений преобразуем выражение угла φ , выделив коэффициенты, зависящие от параметров изделия и установки дискового инструмента, к виду:

$$\varphi = \frac{A_1 \cos \varphi \sin \varphi + B \cos 2\varphi - C \cos \varphi + D_1 \sin \varphi}{-(E + K \sin \varphi + N \cos \varphi)}, \quad (2)$$

где коэффициенты:

$$\begin{aligned} A_1 &= Y_{ip}^2 \cos \tau - Z_{ip}^2 \cos \tau; \quad B = Y_{ip} Z_{ip} \cos \tau; \\ C &= A Y_{ip} \cos \tau + P Y_{ip} \sin \tau + A \operatorname{tg} \tau Y_{ip} \sin \tau \quad N = P Z_{ip} \sin \tau; \\ D_1 &= A Z_{ip} \cos \tau + P Z_{ip} \sin \tau + A \operatorname{tg} \tau Z_{ip} \sin \tau; \\ E &= P^2 \cos \tau; \quad K = P Y_{ip} \sin \tau. \end{aligned}$$

Чтобы определить диапазоны изменения каждого из коэффициентов, зададимся:

1. Диапазонами изменения параметров детали (D ; h ; Y_{ip} ; Z_{ip} ; ω ; P):

а) диаметр детали D : $D = (10 \dots 100)$, мм;

б) глубина канавки h : $h = (2 \dots 16)$, мм;

в) координаты профиля детали в радиальном сечении Y_{ip} , Z_{ip} :

$$Z_{ip} = Y_{ip} = \frac{\pm D}{2} = (-50 \dots 50), \text{ мм};$$

г) угол наклона ω винтовых стружечных канавок на диаметре D :
 $\omega = (10^\circ \dots 30^\circ)$;

д) винтовой параметр P : $P = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \omega} = (8,66 \dots 283,56)$, мм.

2. Диапазоном изменения диаметров инструмента D_f :

$$D_f = (50 \dots 125), \text{ мм}.$$

3. Диапазонами изменения параметров установки (A , ε):

а) межосевое расстояние A : $A = 0,5D - h = (23 \dots 46,5)$, мм;

б) угол скрещивания осей инструмента и детали ε : $\varepsilon = (61^\circ \dots 83^\circ)$.

4. Диапазоном угла разворота оси дискового инструмента τ :

$$\tau = 90^\circ - \varepsilon = (7^\circ \dots 29^\circ);$$

$$\Rightarrow \cos \tau = (0,875 \dots 0,993); \quad \sin \tau = (0,122 \dots 0,485).$$

Подставляя принятые диапазоны в выражения коэффициентов, получим диапазоны изменения каждого из коэффициентов:

$$A_1 = (-2500 \dots 2500), \text{ мм}^2; C = (-9550 \dots 9550) \approx D_1, \text{ мм}^2;$$

$$B = (-1250 \dots 1250), \text{ мм}^2; K = (-6900 \dots 6900) \approx N, \text{ мм}^2;$$

$$E = (65 \dots 79850), \text{ мм}^2.$$

Предельные значения диапазонов A_1 , B определены предельными координатами точек профиля детали. Предельные значения диапазонов C , K также определены предельными координатами точек профиля, и значением $\omega = 10^\circ$. Диапазон E установлен при предельных значениях диапазона диаметров детали $D = (10 \dots 100)$, мм и предельных значениях угла наклона стружечной канавки $\omega = (10^\circ \dots 30^\circ)$. Так как предельные значения коэффициентов должны быть определены при одинаковых значениях параметров детали (диаметре D и угле наклона стружечной канавки ω), то найдем значение коэффициента E при $D = 100$ мм и предельных значениях ω ($\omega = 10^\circ$, $\omega = 30^\circ$):

$$E' = (86,6 \dots 79850), \text{ мм}^2.$$

Также дополнительно определим значения диапазонов C , K при $D = 100$ мм и $\omega = 30^\circ$:

$$C' = (-4800 \dots 4800), \text{ мм}^2; K' = (-2100 \dots 2100), \text{ мм}^2.$$

Таким образом, при анализе диапазона изменения угла необходимо рассмотреть два сочетания параметров:

$$1. A_1, B, C, K, E' = 79800 \left(\text{мм}^2 \right); A_1, B, C', K', E' = 86,6 \left(\text{мм}^2 \right).$$

Так как $C = D_1$ и $K = N$, то выражение угла φ можно еще более упростить:

$$\varphi = \frac{L \sin(2\varphi + \alpha) + C\sqrt{2} \sin\left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right)}{-\left[E + K\sqrt{2} \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right) \right]}, \quad (3)$$

$$\text{где } L = \sqrt{\left(\frac{1}{2} A_1\right)^2 + B^2}; \quad \text{tg } \alpha = \frac{B}{\frac{1}{2} A_1}.$$

Подставив численные значения диапазонов A_1 и B , определим диапазоны изменения коэффициента L и угла α :

$$L = (35 \dots 1770), \text{ мм}^2; \quad \alpha = \left(-\frac{\pi}{4} \dots \frac{\pi}{4} \right).$$

Для ориентировочного определения величин, стоящих в числителе и знаменателе выражения (3) устраним трансцендентность уравнения принятием предельных значений тригонометрических функций равных ± 1 . Проанализируем характер изменения тригонометрических функций, построив графики функций:

$$\varphi_{\text{наиб}}^+ = \frac{-(L_{\text{max}}) - (C'_{\text{max}} \sqrt{2})}{-E'_{\text{min}}} = \frac{-(L_{\text{max}}) + (C'_{\text{min}} \sqrt{2})}{-E'_{\text{min}}}; \quad (6)$$

$$\varphi_{\text{наим}}^- = \frac{-(L_{\text{min}}) - (C'_{\text{min}} \sqrt{2})}{-E'_{\text{min}}} = \frac{-(L_{\text{min}}) + (C'_{\text{max}} \sqrt{2})}{-E'_{\text{min}}}; \quad (7)$$

$$\varphi_{\text{наиб}}^- = \frac{L_{\text{min}}}{-(E_{\text{max}} + K_{\text{max}} \sqrt{2})} = \frac{-L_{\text{min}}}{-(E_{\text{max}} - K_{\text{min}} \sqrt{2})}; \quad (8)$$

$$\varphi_{\text{наим}}^+ = \frac{-(L_{\text{min}})}{-E_{\text{max}}}. \quad (9)$$

Подставив численные значения получим:

$$\varphi_{\text{наиб}}^+ = 1,14; \quad \varphi_{\text{наим}}^- = -0,74; \quad \varphi_{\text{наиб}}^- \approx \varphi_{\text{наим}}^+ \approx 0.$$

Таким образом, диапазон изменения угла φ равен:

$$(-0,74 \dots 1,14), \text{ рад.}$$

Для проверки полученного диапазона построим графики функции $F(\varphi)$ при предельных значениях коэффициентов и найдем значения φ , при которых $F(\varphi) = 0$ (рис. 3).

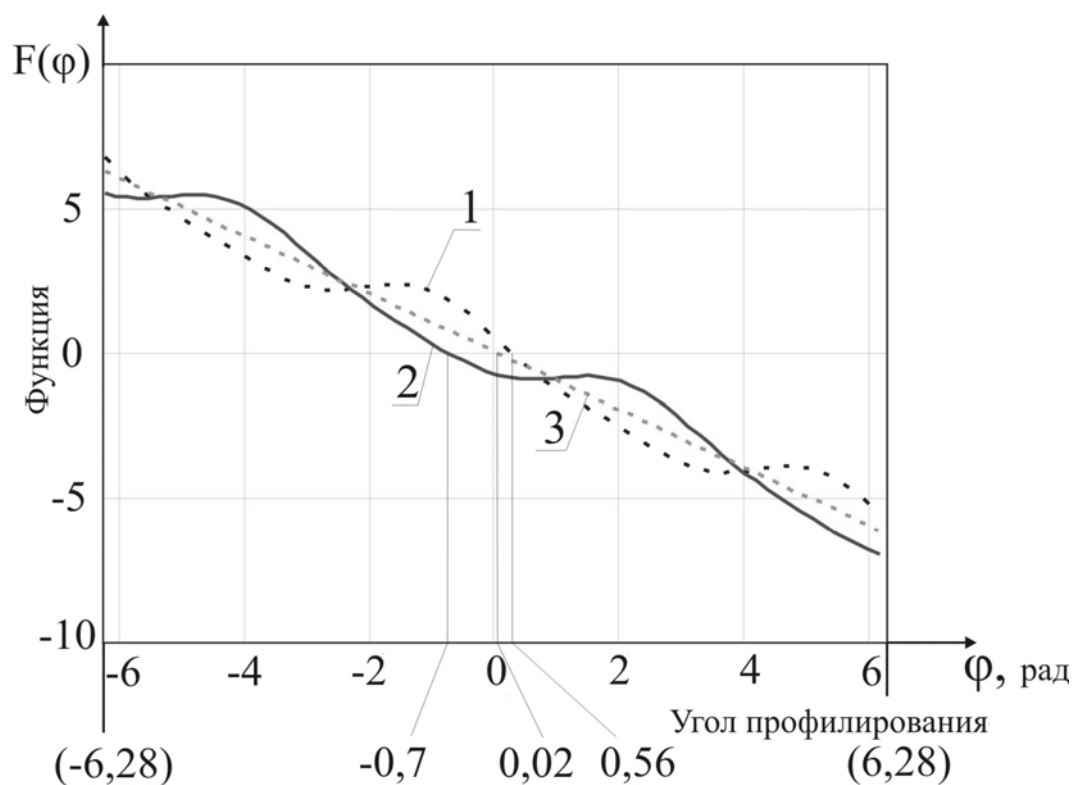


Рис. 3. Графики функций $F(\varphi)$:

1. - - - - - $F(\varphi)$: $C' = 4800$, $D = 1770$, $E = 86,6$; 2. ————— $F_1(\varphi)$:
 $C' = -4800$, $D = 35$, $E = 86,6$; 3. $F_2(\varphi)$: $D = 35$; $K = 6900$; $E = 79850$.

Графически найденные значения φ равны 0,56; -0,7; 0,02 соответственно для графиков 1, 2, 3 и принадлежат интервалу (-0,74...1,14). Таким образом, при решении прямой задачи профилирования численным методом можно задаваться интервалом нахождения действительного корня в диапазоне (-0,74...1,14).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаламов, В.Г. Теория проектирования режущего инструмента: текст лекций / В.Г. Шаламов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 156 с.

ОБЪЕМ МЕТАЛЛА, СРЕЗАЕМОГО КРУГОМ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ

Сарайкин А.М., Прыгунов Д.В.

Проблемой профильного шлифования является отсутствие рекомендаций по назначению режимов резания, что зачастую приводит к получению негодных деталей и повышенному расходу кругов. Связано это с недостаточным пониманием особенностей взаимодействия фасонного круга с заготовкой, в первую очередь, с отсутствием зависимостей по определению объема металла, срезаемого кругом за время одного цикла обработки.

Объем металла, срезаемого кругом за время одного цикла обработки, определяет силовой режим операции, зависит от формы профиля фасонного инструмента, и знание его позволит разработать нормативную базу по назначению режимов резания для профильного шлифования.

На рисунке изображена схема профильного шлифования радиусных канавок методом поперечной подачи, реализуемая на круглошлифовальных станках. Рассмотрим момент времени окончательного формирования профиля канавки, когда фасонный рабочий профиль круга полностью копирует профиль канавки.

За время одного оборота обрабатываемой заготовки круг совершит прямолинейно-поступательное движение в радиальном направлении из положения 1 в положение 2 на величину S . Режущие зёрна снимут суммарный объем металла V , равный объёму заштрихованной фигуры, представляющей собой тело вращения с криволинейной образующей. Для нахождения этого объема воспользуемся прямоугольной системой координат O_{xy} , начало которой расположим на пересечении осей симметрии тел вращения (в точке O). Рассматриваемая пространственная фигура образуется вращением кривых 1, 2 и прямой 3 вокруг оси O_x . Используя симметрию данной фигуры относительно оси O_y , можно записать

$$V = 2(V_1 + V_3 - V_2), \quad (1)$$

где V – искомый объем тела вращения; V_1, V_2, V_3 , – объемы тел, образованных вращением кривой 1, кривой 2, прямой 3 вокруг оси O_x соответственно.

$$V_1 = \pi R^2 a - \frac{\pi}{3} a^3 - \pi(r_2 + S + R) \left(a\sqrt{R^2 - a^2} + R^2 \arcsin \frac{a}{R} \right) + \pi(r_2 + S + R)^2. \quad (4)$$

Аналогично определяется V_2 . Координаты центра O_2 , окружности 2 $x_2=0$, $y_2=r_2+R$. Предел интегрирования k равен половине ширины канавки, таким образом

$$V_2 = \pi R^2 k - \frac{\pi}{3} k^3 - \pi(r_2 + R) \left(k\sqrt{R^2 - k^2} + R^2 \arcsin \frac{k}{R} \right) + \pi(r_2 + R)^2. \quad (5)$$

Прямая 3 вращением вокруг оси OX образует цилиндр с радиусом r_1 (радиус вала) и высотой $(k-a)$. Следовательно,

$$V_3 = \pi r_1^2 (k - a). \quad (6)$$

Подставив выражения (4), (5), (6) в (1), получим искомый объем V :

$$V = 2\pi R^2 a - 2\frac{\pi}{3} a^3 - 2\pi(r_2 + S + R) \left(a\sqrt{R^2 - a^2} + R^2 \arcsin \frac{a}{R} \right) + 2\pi(r_2 + S + R)^2 + 2\pi r_1^2 (k - a) - 2\pi R^2 k + 2\frac{\pi}{3} k^3 + 2\pi(r_2 + R) \cdot \left(k\sqrt{R^2 - k^2} + R^2 \arcsin \frac{k}{R} \right) + 2\pi(r_2 + R)^2. \quad (7)$$

Выражение (7) для расчета объема металла, снимаемого режущими зернами за один оборот заготовки при профильном шлифовании радиусных канавок, в полной мере учитывает форму профиля фасонного шлифовального круга, а также режимный параметр – радиальную подачу круга S .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПРОФИЛЯ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин, К.А. Резниченко,
Е.А. Зимовец, О.А. Шангареева

При доказательстве любой научной гипотезы возникает необходимость ее подтверждения или опровержения на основе методов эмпирического познания, одним из которых является эксперимент. Но результаты экспериментального исследования зависят от ряда случайных факторов и неизбежно сопровождаются различными видами погрешностей. Поэтому они сами нуждаются в анализе и последующей математической обработке. Процедура обработки результатов экспе-

римента достаточно хорошо формализована и необходимо правильно использовать соответствующую методику [1]. Зачастую сложность представляет непосредственно измерение объекта исследования. В этом процессе важная роль принадлежит средству измерения, которое взаимодействует с объектом исследования. Далеко не всегда имеющиеся приборы обеспечивают требуемый уровень качества результатов измерений.

Проверка адекватности профиля винтовой поверхности, получаемого в результате профилирования дисковой фрезой заданной формы и параметров установки потребовала моделирования этого процесса. Физическое моделирование проводилось на изделиях с реальными размерами, но в условиях, приближенных к идеальному процессу формообразования (с целью уменьшения силы резания – на деревянных заготовках). После проведения эксперимента произвели измерения полученного профиля винтовой поверхности в трех сечениях в полярной системе координат (СК) индикатором часового типа, установленным на стойке (рис. 1). Результаты измерения одного из профилей представлены в табл.1. В данном примере наружный радиус заготовки $R = 14,65$ мм, а уровень надежности принят 0,95.

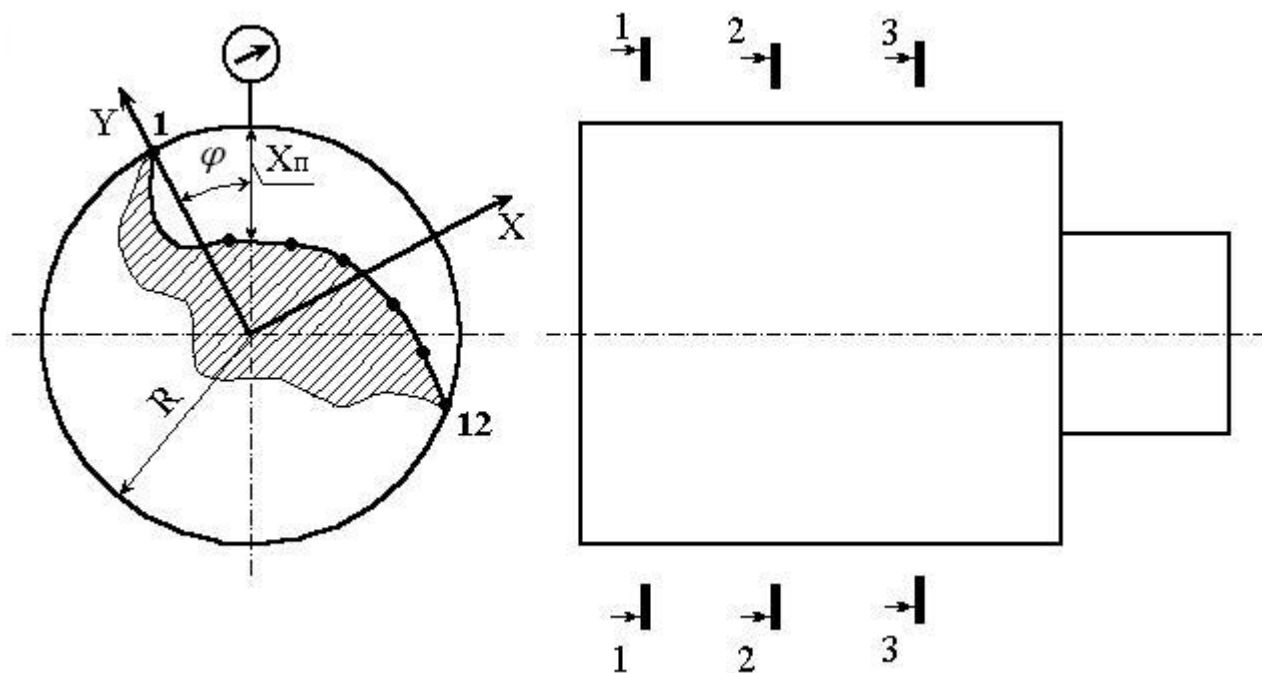


Рис. 1. Схема измерения профиля индикатором часового типа

Математическая обработка показала, что дисперсия результатов различна для разных профилей и разных точек на каждом из них и изменялась от 0,01 до 0,9. Погрешности возникают в результате нежесткости системы измерения и недостаточной твердости материала заготовки. Такой способ достаточно трудоемок и ограничен, т.к. не позволяет производить замеры участков профилей с положительными передними углами зубьев. Кроме того, требуется пересчет результатов измерений из полярной СК в декартовую по формулам:

$$X = (R - X_{\Pi}) \cdot \sin \varphi ; Y = (R - X_{\Pi}) \cdot \cos \varphi ,$$

Таблица 1

Результаты измерения профиля винтовой поверхности и их анализ

Номер точки		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Угловое положение φ , град		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
Хл, мм	1	0,00	2,00	3,74	5,07	5,93	6,11	5,09	4,17	4,45	3,55	2,31	0,12	
	2	0,00	1,60	3,60	5,18	6,34	6,48	6,42	5,74	4,67	3,22	1,21	-0,30	
	3	0,00	2,23	4,35	5,90	6,51	6,47	6,00	5,10	4,04	2,65	1,78	0,34	
Среднее арифметическое		0,00	1,94	3,90	5,38	6,26	6,35	5,84	5,00	4,39	3,14	1,77	0,05	
Погрешность отдельных измерений		1	0,00	-0,06	0,16	0,31	0,33	0,24	0,75	0,83	-0,06	-0,41	-0,07	
		2	0,00	0,34	0,30	0,20	-0,08	-0,13	-0,58	-0,74	-0,28	-0,08	0,56	0,35
		3	0,00	-0,29	-0,45	-0,52	-0,25	-0,12	-0,16	-0,10	0,35	0,49	-0,01	-0,29
Квадраты погрешностей отдельных измерений		1	0,00	0,00	0,02	0,10	0,11	0,06	0,56	0,69	0,00	0,17	0,30	0,00
		2	0,00	0,12	0,09	0,04	0,01	0,02	0,34	0,54	0,08	0,01	0,31	0,12
		3	0,00	0,08	0,21	0,27	0,06	0,01	0,03	0,01	0,12	0,24	0,00	0,08
Ср. квадратич. погрешность отдельных измерений S		0,00	0,32	0,40	0,45	0,30	0,21	0,68	0,79	0,32	0,46	0,55	0,33	
Дисперсия S ²		0,00	0,10	0,16	0,20	0,09	0,04	0,46	0,62	0,10	0,21	0,30	0,11	
Средняя квадратичная погрешность		0,00	0,18	0,23	0,26	0,17	0,12	0,39	0,46	0,18	0,26	0,32	0,19	
Квантиль распределения статистики		1	0,00	0,22	0,48	0,85	1,36	1,41	1,35	1,29	0,24	1,10	1,21	0,25
		2	0,00	1,32	0,91	0,55	0,33	0,74	1,05	1,14	1,09	0,22	1,24	1,33
		3	0,00	1,10	1,39	1,40	1,03	0,68	0,29	0,15	1,33	1,32	0,03	1,08
Критический квантиль распределения статистики		1,41												
Коэффициент Стьюдента		4,3												
Границы доверительного интервала		0,00	0,79	0,99	1,12	0,74	0,52	1,69	1,96	0,79	1,13	1,37	0,81	
Окончательный результат		0,00	2,73	4,89	6,50	7,00	6,88	7,52	6,96	5,18	4,27	3,13	0,86	
		0,00	1,15	2,91	4,26	5,52	5,83	4,15	3,04	3,59	2,01	0,40	-0,75	
Относительная погрешность		0,00	40,7	25,4	20,8	11,8	8,24	28,9	39,2	18,1	36	77,3	1513	
Критерий Кохрена G		$G = S_{\text{max}}^2 / (S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2) = 0,2596 \leq G_{\text{кр}} = 0,3924$												

где R – наружный радиус заготовки; φ – угловое положение расчетной точки относительно оси Y .

Поэтому для измерения результатов эксперимента разработана методика с использованием современной электронной техники. Цифровым фотоаппаратом делается снимок профиля полученной винтовой канавки с торца заготовки.

Этот снимок загружается в любой растровый графический редактор, например, PaintBrush (рис. 2).

Подводя курсор к точке профиля можно определить ее координаты (выраженные в пикселях) в СК $X_p Y_p$ рисунка. Расчетная схема пересчета представлена на рис.3. Чтобы получить координаты в СК $X Y$, расположенной на оси заготовки, необходимо их преобразовать по формулам:

$$X = (X_p - L_1) \cdot \frac{R}{\tilde{R}}; \quad Y = (L_2 - Y_p) \cdot \frac{R}{\tilde{R}},$$

где L_1 – расстояние между осями Y и Y_p ; L_2 – расстояние между осями X и X_p ; \tilde{R} – радиус заготовки, выраженный в пикселях.

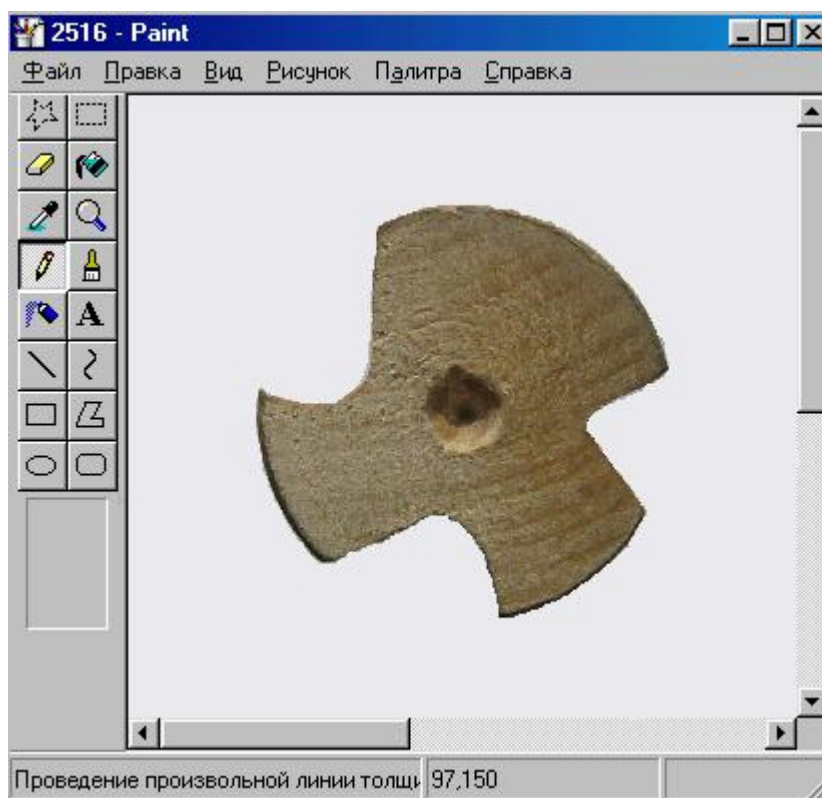


Рис. 2. Снимок полученного профиля

Наружный радиус заготовки находим, например, с помощью штангенциркуля. Для расчета величин L_1 , L_2 и R необходимо знать координаты трех точек $A(X_1; Y_1)$, $B(X_2; Y_2)$ и $C(X_3; Y_3)$, лежащих на наружном диаметре обрабатываемой заготовки. Для этого также используем графический редактор. Следовательно, можно записать

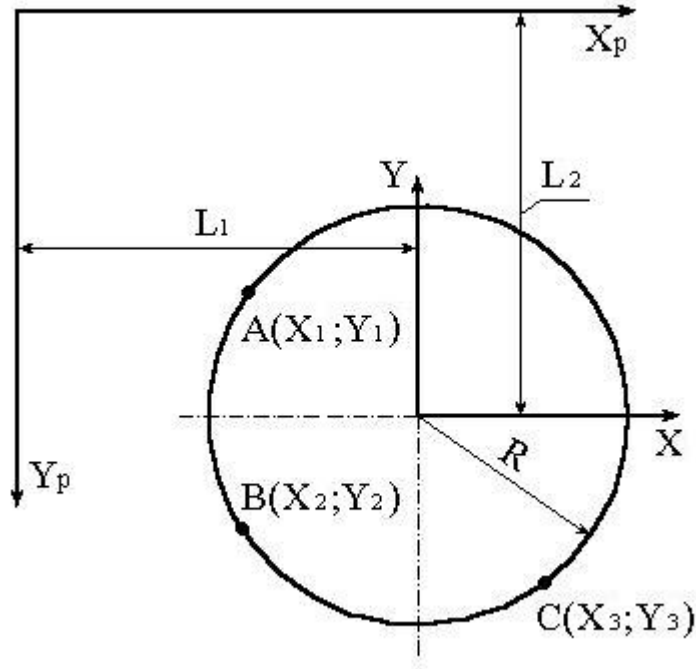


Рис. 3. Расчетная схема преобразования координат

$$(X_1 - L_1)^2 + (Y_1 - L_2)^2 = \tilde{R}^2; \quad (1)$$

$$(X_2 - L_1)^2 + (Y_2 - L_2)^2 = \tilde{R}^2; \quad (2)$$

$$(X_3 - L_1)^2 + (Y_3 - L_2)^2 = \tilde{R}^2. \quad (3)$$

Приравнявая (1) и (2) получим

$$L_1 = \frac{X_1^2 + Y_1^2 - X_2^2 - Y_2^2}{2(X_1 - X_2)} - L_2 \cdot \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}.$$

Примем $\frac{X_1^2 + Y_1^2 - X_2^2 - Y_2^2}{2(X_1 - X_2)} = E_1$ и $\frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = E_2.$

Тогда $L_1 = E_1 - L_2 \cdot E_2. \quad (4)$

Затем приравняем (2) и (3), подставим (4), определив тем самым L_2 :

$$L_2 = \frac{X_2^2 + Y_2^2 - X_3^2 - Y_3^2 + 2 \cdot E_1 \cdot X_3 - 2 \cdot E_1 \cdot X_2}{2(E_2 \cdot X_3 - E_2 \cdot X_2 + Y_2 - Y_3)}.$$

Вычислив искомые расстояния между осями СК, далее найдем радиус \tilde{R} :

$$\tilde{R} = \left| \sqrt{(X_1 - L_1)^2 + (Y_1 - L_2)^2} \right|.$$

Таким образом, поставленная задача по определению координат точек профиля винтовой поверхности решена. Например, определим координаты профиля, полученного в результате эксперимента. Координаты трех точек, лежащих на наружном радиусе: А(564; 163), В(117; 300), С(503, 488). Тогда

$$E_1 = \frac{564^2 + 163^2 - 117^2 - 300^2}{2(564 - 117)} = 269,5; \quad E_2 = \frac{163 - 300}{564 - 117} = -0,306;$$

$$L_2 = \frac{117^2 + 300^2 - 503^2 - 488^2 + 2 \cdot 269,5 \cdot 503 - 2 \cdot 269,5 \cdot 117}{2(-0,306 \cdot 503 - (-0,306) \cdot 117 + 300 - 488)} = 293;$$

$$L_1 = 269,5 - (-0,306) \cdot 293 = 359; \quad \tilde{R} = \left| \sqrt{(564 - 359)^2 + (163 - 293)^2} \right| = 243.$$

Для точки 1 получим:

$$X = (597 - 359) \cdot \frac{14,65}{243} = 14,29 \text{ мм}; \quad Y = (293 - 243) \cdot \frac{14,65}{243} = 3,09 \text{ мм}.$$

Здесь $R = 14,65$ мм. Аналогично находим координаты остальных точек (табл. 2).

Таблица 2

Координаты точек профиля винтовой поверхности

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хр, пк	597	574	556	541	518	501	500	508	520	533	551	567
Ур, пк	243	254	265	273	286	300	309	320	337	355	380	405
Х, мм	14,29	12,9	11,8	10,9	9,52	8,48	8,42	8,91	9,64	10,4	11,52	12,5
У, мм	3,09	2,43	1,76	1,27	0,48	-0,36	-0,91	-1,58	-2,61	-3,7	-5,22	-6,7

Если говорить о точности измерения, достигаемой с помощью данного метода, то, как видно из примера, 1 пиксель примерно соответствует 0,06 мм, что для решаемой задачи приемлемо. Она может быть значительно повышена с применением более современной техники без изменения методики. Кроме того, метод обеспечивает значительное сокращение трудоемкости измерений и пригоден для произвольных профилей.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Правительства Челябинской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для втузов / Е.Н. Львовский. — 2-е изд., перер. и доп. — М.: Высшая школа, 1988. — 239 с.

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА “АНАЛИТИКА И ДИАГНОСТИКА”

С.А. Псарев, П.Г. Мазеин

Разработан программный пакет, позволяющий решать прямую и обратную задачи по оценке погрешностей, вносимых программным обеспечением системы ЧПУ класса PCNC. В пакете реализованы расчеты для различных типов приводов подачи: следящего и шагового.

Пакет “Аналитика и диагностика” можно использовать для решения следующих задач.

1. Для следящего привода подачи:

а) при известном минимальном радиусе кривизны траектории, времени затрачиваемом на расчеты на одном такте управления приводом, и максимально допустимой погрешности определить максимальную допустимую подачу;

б) при известном минимальном радиусе кривизны траектории, максимально допустимой погрешности и максимальной подаче определить время, которое допустимо затратить на расчеты на одном такте управления приводом, что позволяет определить какие алгоритмы управления и какие персональные компьютеры можно использовать в данном УЧПУ класса PCNC;

в) при известном минимальном радиусе кривизны, максимальной подаче и длительности расчетов на одном такте управления приводом определить максимальную погрешность, вносимую УЧПУ класса PCNC.

2. Для шагового привода подачи:

а) при известной максимальной подаче, а также перемещению инструмента на один шаг привода, определить допустимое время на расчеты на одном такте управления приводом, что позволяет определить какие алгоритмы управления и какие персональные компьютеры можно использовать в данном УЧПУ класса PCNC;

б) при известном перемещении инструмента на один шаг двигателя, а также времени одного такта управления приводом определить максимальную допустимую подачу.

Задачи 1,б, 1,в и 2,а были реализованы в аналитическом модуле, который можно использовать при разработке УЧПУ класса PCNC. Задачи 1,а и 2,б были реализована в диагностическом модуле, который расширяет пакет «Диагностика», разработанный на кафедре «Станки и инструмент» [1, 2].

При разработке пакета использовалась RAD-система Borland C++ Builder 6.0. Пакет «Аналитика» рассчитан на использование на персональных компьютерах с установленными операционными системами Windows 98, Windows NT, Windows XP, Windows 2000, Windows 2003. Ресурсов любого современного компьютера будет достаточно для работы пакета. Минимальный уровень CPU: Pentium 100. Использование пакета на столь маломощном компьютере имеет смысл, так как

подобная машина может применяться как аппаратное обеспечение УЧПУ класса PCNC в целях уменьшения себестоимости.

Аналитический модуль пакета «Аналитика и диагностика» применяется на этапе проектирования и разработки УЧПУ класса PCNC для определения параметров аппаратного обеспечения (персональных компьютеров) и подбора подходящей машины, а также при уже имеющемся заданном компьютере для определения подходящих по быстродействию алгоритмов интерполяции.

В верхней части окна программы находится меню (рис. 1.).

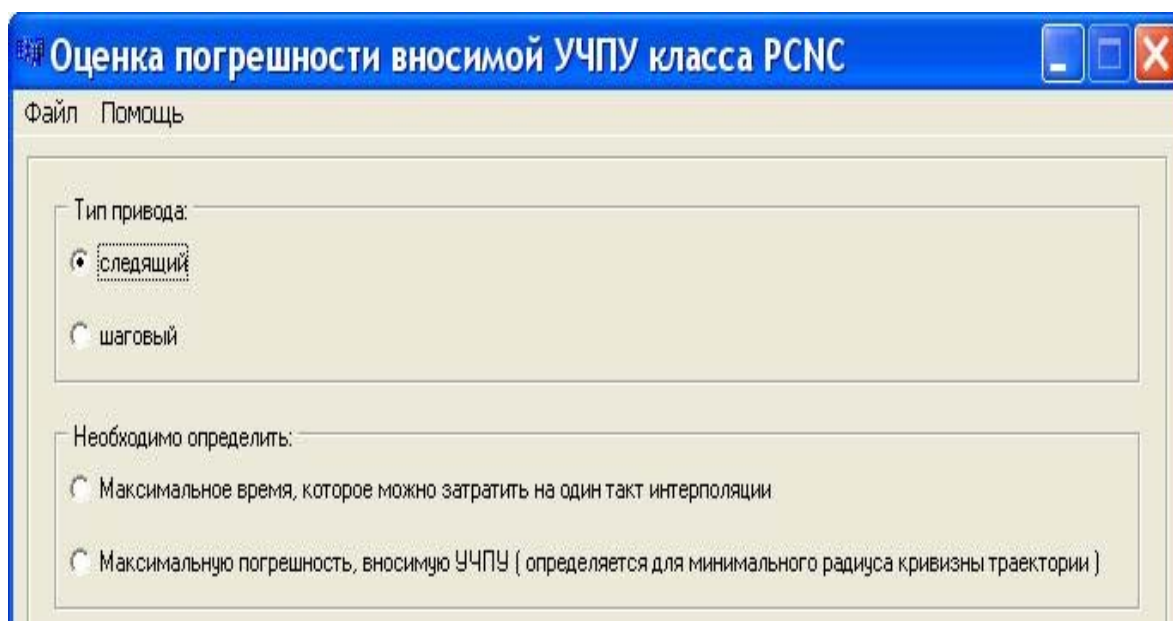


Рис. 1. Меню программы диагностирования

Меню «Файл» используется для сохранения и загрузки исходных данных и результатов расчета. Формат файла разработан с учетом формата файлов существующего пакета «Диагностика». Данные измерения быстродействия персонального компьютера, полученные с помощью аналитического модуля можно использовать в модуле диагностики. Измерение занимает около 10-ти секунд, а диагностика программы происходит во время ее отработки на имитаторе, в течение которой нельзя тратить время на измерение быстродействия машины, поэтому описанное взаимодействие аналитического и диагностического модулей является целесообразным.

Стартовое окно программы позволяет пользователю выбрать тип привода подачи. От типа привода подачи зависит набор решаемых задач. Как уже упоминалось ранее, для шагового привода определение погрешности вносимой УЧПУ не имеет смысла, так как управление происходит на постоянной частоте и при этом погрешность не превышает величины перемещения инструмента на один шаг электродвигателя. Поэтому для шагового привода аналитический модуль решает задачу определения максимально допустимого времени на один такт управления приводом. Для следящего привода аналитический модуль может решать задачи по

определению допустимого времени на один такт управления, а также определение максимальной погрешности вносимой УЧПУ класса PCNC.

При выборе типа следящего привода, пользователю предоставлен выбор задачи. Выбрав второй вариант (максимальную погрешность, вносимую УЧПУ), пользователь увидит экран ввода исходных данных для данной задачи (рис. 2). По умолчанию будут заданы входные данные, с которыми пользователь работал в последний раз, так как при выходе из программы происходит авто сохранение всех входных данных и результатов.

Тип привода:	<input checked="" type="radio"/> следающий	<input type="radio"/> шаговый
Необходимо определить:	<input type="radio"/> Максимальное время, которое можно затратить на один такт интерполяции	<input checked="" type="radio"/> Максимальную погрешность, вносимую УЧПУ (определяется для минимального радиуса кривизны траектории)
Минимальный радиус кривизны траектории, R_{min} [мм]:	1.000000000	
Максимальная подача, S_{max} [мм/мин]:	1000.000000000	
Время необходимое для расчетов на одном такте интерполяции, t_{est} [сек]:	0.002497000	
Максимальная погрешность, вносимая УЧПУ, Δ [мм]:	0.000865599	

Рис. 2. Окно расчетов максимальной погрешности

Для расчета максимальной погрешности необходимо задать минимальный радиус кривизны траектории R_{min} , максимальную подачу S_{max} и время, необходимое для расчетов на одном такте интерполяции T . Если в течение одного такта кроме расчетов, связанных с интерполяцией, происходят какие-либо иные вычисления, например, расчет эквидистанты, необходимо ввести суммарное затрачиваемое время.

После ввода всех исходных данных, можно вычислить максимальную погрешность, вносимую УЧПУ, нажав на кнопку «Рассчитать».

Рассмотрим исходные параметры более подробно. Минимальный радиус кривизны определяется формой изготавливаемой детали, то есть при проектировании УЧПУ класса PCNC необходимо примерно представлять, какой минимальный радиус траектории может потребоваться. Максимальная подача определяется технологическими условиями. Время необходимое для расчетов на одном такте интерполяции определяется сложностью алгоритмов и используемым аппаратным обеспечением (в случае PCNC – персональным компьютером). Аналитический модуль имеет в своем составе средства для оценки этого времени на текущем персональном компьютере на этапе проектирования УЧПУ, то есть до использования алгоритмов управления приводами подач для управления станком.

Архитектор УЧПУ может ввести количество всех видов операций, которые используются в алгоритмах, работающих в течение одного такта управления приводами. При этом можно сохранить эти данные для любого количества алгоритмов интерполяции. В число операций для каждого алгоритма необходимо включить операции вспомогательных алгоритмов, таких как расчет эквидистанты. Все введенные данные сохраняются в реляционную базу данных. По умолчанию в базе находятся данные по количеству различных операций для следующих алгоритмов: круговая интерполяция, параболическая интерполяция, гиперболическая интерполяция, сплайновая интерполяция (кубический сплайн), сплайновая интерполяция (B-сплайн).

Очевидно, что количество операций разного типа в алгоритме зависит от его реализации. В настоящее время в базу занесены данные, соответствующие алгоритмам интерполяции, реализованным на станках, созданных на кафедре «Станки и инструмент» ЮУрГУ. В базе хранится список возможных вычислительных операций. В случае необходимости список несложно расширить.

После окончания тестирования, рассчитывается оценочное время, которое данный персональный компьютер затратит на расчеты на одном такте алгоритма управления. Для тестирования персонального компьютера используется системный счетчик тактов процессора, который хранит число тактов прошедших с момента загрузки машины.

Системный счетчик тактов приходится использовать из-за того, что обычный системный таймер срабатывает не чаще, чем 18,2 раза в секунду и таким образом не подходит для измерения времени, необходимого для выполнения одной операции.

Аналитический модуль сначала определяет среднее число тактов процессора в секунду, которое примерно равно указываемой производителем частоте процессора, если перевести ее в герцы. Затем происходит определение числа тактов на каждую операцию, хранящуюся в базе данных. Это число зависит от конкретного процессора и его внутренней микроархитектуры. Зная число тактов на операцию и число тактов процессора в секунду, можно определить время, затрачиваемое на операцию. После того как определено время для всех типов операций, определяется суммарное время на один такт алгоритма путем сложения времени всех операций, помноженного на количество операций каждого вида. После получения

оценки времени, можно рассчитать максимальную погрешность, вносимую УЧПУ класса PCNC при использовании выбранного пользователем алгоритма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазеин, П.Г. Сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ: учебное пособие / П.Г. Мазеин, С.А. Псарев, В.С. Столяров [и др.]. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 80 с.
2. Свидетельство РФ 50200300367 о госрегистрации программного обеспечения в отраслевом фонде алгоритмов и программ: программа диагностирования управляющих программ для станков с компьютерными системами ЧПУ / С.А. Псарев, П.Г. Мазеин, В.А. Пермяков. – 2003.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЛОКОН РОТАЦИОННЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин, М.Б. Дербичев

Одним из способов повышения качества известных материалов и разработки материалов с новыми измененными в требуемом направлении свойствами является использование металлических волокон в качестве армирующих элементов в композитных материалах.

Крупные волокна используются для дисперсного армирования бетонов, сталефибробетонов (СФБ). Геометрические параметры элементов фибры – это длина, диаметр или приведенный диаметр (площадь поперечного сечения), форма поперечного сечения, отношение длины к диаметру, форма, состояние поверхности. Проволочную фибру можно изготавливать практически любой длины. Длина фрезерованных фибр ограничена шириной зуба фрезы и составляет до 40 мм. Диаметр фибр колеблется от 0,1 до 1,8 мм [1]. С уменьшением диаметра фибр увеличивается эффективность фибрового армирования. Форма линейных размеров, отгибы и волны на волокнах, выступы и углубления на поверхностях увеличивают сцепление фибр с бетонной матрицей и изменяют механические характеристики сталефибробетона.

Более ценными являются волокна, применяемые для изготовления различных деталей в машиностроении. В частности для тормозных колодок в автомобилестроении используются волокна в виде отрезков диаметром 0,02 – 0,05 мм длиной 0,8 – 5 мм; они изготавливаются, преимущественно прокаткой до указанных диаметров проволоки с последующим измельчением по длине. Изготовление волокон другими, не механическими способами не рассматриваем, они более трудоемкие. Производство металлической стружки резанием в виде товарной продукции, а не отходов металлообработки является малоизученным процессом. Это не позволяет эффективно использовать преимущества режущих инструментов перед другими

технологическими способами изготовления волокон. Ширина ленточек фрезерных ножей после заточки составляет до 0,5 мм на значительной длине режущих лезвий ножей, поэтому при изготовлении дисперсной фибровой арматуры [2] процесс фрезерования фибры производится практически штучным инструментом, что снижает его стоимость и существенно увеличивает трудозатраты на содержание инструмента.

В настоящей работе проведен анализ контактных условий взаимодействия режущего клина на заготовку при изготовлении волокон и определены условия для их эффективного резания. Известно [3, 4], что в процессе воздействия режущего клина на заготовку под влиянием сил трения и связанных с ним физико-химических явлений происходит изменение размеров и геометрии инструмента. Режущий инструмент оказывает сопротивление изнашиванию. Объективным и физически обоснованным критерием износостойкости является путь трения.

Для характеристики износа рассматриваются несколько показателей: h_3 – износ по задней поверхности, мм; h_{Π} – износ по передней поверхности, мм; r_c – радиус скругления, мм; θ_{Π} – угол профиля, град.

Зависимость износа режущего клинка от пути резания имеет три зоны: I – зона интенсивного изнашивания (приработки); II – зона установившегося (нормального) изнашивания; III – зона усталостного или температурного (катастрофического) изнашивания.

Фаска износа начала второй зоны при чистовой обработке сталей равна 0,2 – 0,3 мм, а окончание зоны 0,5 – 0,8 мм. При малых толщинах резания (менее 0,1) мм, характерных для изготовления волокон и низких скоростях резания, преимущественно изнашиванию подвергается задняя поверхность.

Приведенные данные свидетельствуют о технической невозможности получения резанием призматическими резцами металлических волокон с приведенным диаметром менее 0,03 мм в качестве товарной продукции.

В работах [5, 6] изложены возможности использования планетарных и ротационных торцовых инструментов при чистовой обработке материалов, исследованы условия, при которых стойкость ротационных режущих чашек выше стойкости инструментов с призматическими ножками в десятки и сотни раз. Зона приработки ротационных чашек соизмерима или выше зоны нормального изнашивания призматических ножей, это одна из причин целесообразности использования ротационных инструментов для изготовления тонких волокон в качестве товарной продукции.

В лабораторных условиях на серийном фрезерном станке получены образцы волокон с размерами сечения 0,01 – 0,05 мм и длиной 40 мм. Самовращающаяся ротационная торцовая фреза имела режущие чашки из быстрорежущей стали Р6М5. Торцовое и радиальное биение чашек регулировалось на корпусе инструмента с точностью до 0,01 мм.

По результатам лабораторных работ определены следующие пути для получения волокон меньшего поперечного сечения:

- использовать ротационную фрезу с принудительным вращением рабочих чашек;
- рабочие чашки должны иметь несколько режущих лезвий (от 2 до 10);
- применять металлические заготовки в виде блюмсов и слябов;
- в зависимости от размеров заготовок на корпусе фрезы следует размещать от 10 и более подшипниковых узлов;
- режущие лезвия фрез следует затачивать в сборе на рабочем станке, для чего необходимо разработать специальное заточное приспособление для рабочего станка.

Для расширения технологических возможностей ротационных фрез на режущих лезвиях чашек необходимо выполнять системы канавок, лунок и другие элементы для изготовления фибр с анкерными элементами и в форме чешуек, кубиков, а также зерен и порошков.

Результаты опытно-промышленных работ были представлены на VI Московском международном салоне инноваций и инвестиций в 2006 г. и награждены золотой медалью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. – М: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с.
2. Патент 2212314 Российской Федерации. Способ изготовления дисперсной фибровой арматуры и устройство для его осуществления / Ф.И. Вострецов. Заявлен 2002.07.22. Опубликовано 2003.09.20
3. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
4. Грановский, Г.И. Резание металлов: учебник для маш. и приборостр. спец. вузов./ Г. И. Грановский, В.Г Грановский. – М.: Высшая школа, 1985 – 304 с.
5. Гатитулин, М.Н. Технологические возможности торцовых планетарных инструментов / М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 39 – 44.
6. А.С. СССР 1040695. Способ обработки материалов резанием / П.И. Ящерицын, Д.К. Маргулис, В.И. Портнягин, М.Н. Гатитулин. Заявлено 05.05.98.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ НА СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ С ОТВЕРСТИЯМИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

С.П. Пестов, П.Г. Мазеин

Обеспечение точности обрабатываемых деталей относят к важнейшим задачам технологии машиностроения, а все более широкое применение металлорежущих станков с ЧПУ требуют развития и совершенствования методов технологической подготовки производства с учетом специфики обработки деталей на этих станках. Анализ процессов обработки различных поверхностей деталей на станках с ЧПУ

позволил [1] определить два этапа – этап настройки оборудования и этап формообразования. Тогда к моделированию обеспечения точности обработки поверхностей следует подходить как к совокупности особенностей достижения точности на этих этапах с выделением моделирования на каждом из них. Однако в технологической подготовке производства деталей на станках с ЧПУ отсутствуют методики обеспечения точности, которые учитывают конкретные условия выполнения этапов настройки и формообразования. При этом, как показывают данные научно-технической литературы и производственная практика, значительные трудности возникают при технологической подготовке производства деталей, конструкции которых включают отверстия с высокими требованиями к параметрам точности диаметрального размера, формы и расположения осей. Такие отверстия часто обрабатываются на станках с ЧПУ последовательно за несколько переходов концевыми мерными инструментами типа двухлезвийных сверл, многолезвийных зенкеров и разверток.

Общая структура разработанной методики обеспечения точности отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ на стадии технологической подготовки производства показана на рис. 1. Она учитывает в соответствии с предлагаемым подходом, конкретные условия выполнения этапов настройки и формообразования. Эта методика является комплексной и включает два блока: I – блок обеспечения точности на этапе настройки; II – блок обеспечения точности на этапе формообразования. С целью повышения гибкости каждый из блоков решает свою задачу, а поэтому блоки методики могут работать как отдельно, так и совместно.

В блоке I путем решения обратной задачи расчета интервальным методом, сформированной по заданным условиям настройки размерной цепи и построения выпуклых интервалов, выполняется оценка точности расположения оси отверстия для этапа настройки и которая далее используется в расчетах следующего блока II. При сопоставлении полей допуска и рассеяния определяются условия и минимальный запас обеспечения точности по расположению оси расчетного отверстия.

В блоке II этапа формообразования осуществляется расчет конечных параметров точности, как для отдельных переходов, так и при многопереходной обработке отверстий различными типами концевых мерных инструментов, а также выполняется оценка условий обеспечения параметров точности.

Для оценки точности многопереходной операции ее структура задается заранее. Методика проектирования структур операций многопереходной обработки отверстий на станках с ЧПУ, с учетом приоритетной последовательности обеспечения заданных параметров точности, рассмотрена в работе [2].

Предлагаемая методика (см. рис. 1) обеспечения точности обработки отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ позволяет выполнить отладку технологических процессов. С использованием этой методики можно также сформировать требования к исходным параметрам этапов настройки и формообразования.

Обеспечение точности расположения осей отверстий на этапе настройки производится путем последовательного выполнения следующих шагов:

- 1) подготовка данных чертежа детали; анализ технологического процесса; назначение модели станка; типа устройства ЧПУ (УЧПУ); условий настройки;
- 2) формирование размерных цепей как моделей точности расположения оси отверстия по данным чертежа детали и условиям настройки;
- 3) составление уравнений размерной цепи в проекции на заданные оси;
- 4) решение интервальным методом обратной задачи расчета размерной цепи в проекции на заданные оси;
- 5) моделирование и автоматизированный расчет точности расположения оси отверстия по данным чертежа и при настройке;
- 6) построение выпуклых интервалов, определяющих поле допуска и поле рассеяния (погрешность настройки) расположения оси;



Рис. 1. Структура методики обеспечения точности отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ на стадии технологической подготовки производства: ПТ – параметры точности

- 7) оценка точности расположения оси отверстия на этапе настройки;
- 8) оценка минимального запаса точности расположения оси отверстия для выполнения следующего этапа формообразования;
- 9) необходимость в отладке операции по обеспечению точности на этапе настройки;
- 10) при отладке – коррекция требований к металлорежущему станку и условиям настройки для обеспечения заданной точности расположения оси отверстия.

Особенности выполнения отдельных шагов методики рассмотрены в работах [3, 4].

Для отладки операции, которую следует проводить при отрицательном или слишком малом рассчитанном запасе точности, возможно изменение или коррекция таких требований к металлорежущему станку и условиям настройки, как тип устройства ЧПУ; точность станка; погрешность позиционирования подвижных узлов станка; погрешность смены инструментов; погрешность настройки в «нуль» детали; погрешность установки заготовки.

Моделирование и автоматизированный расчет точности расположения осей отверстий, а также выполнение шагов 4 и 6 осуществляется с помощью компьютерной методики, основанной на автоматизированной системе «Интервал» и описанной в работе [5].

Обеспечение точности на этапе формообразования отверстий производится путем выполнения следующих шагов:

- 1) задание размерных параметров, параметров точности отверстия $ПТ_{\text{ЧЕРТ}}$ по чертежу детали, точности расположения оси отверстия на этапе настройки;
- 2) задание структуры операции;
- 3) выбор модели (или набора моделей) точности формообразования из заданной структуры операции;
- 4) задание условий обработки на металлорежущем станке с ЧПУ;
- 5) назначение элементов технологической системы: режущего инструмента, вспомогательных инструментов для закрепления и направления, задание их конструкторско-технологических параметров;
- 6) моделирование и автоматизированный расчет параметров точности $ПТ_i^K$ отдельных переходов и при многопереходной обработке $ПТ_{\text{ОП}}^K$ с учетом этапа настройки ($ПТ_{\text{РО}})_H = \omega$ и условий $ПТ_i^K = ПТ_{i+1}^H$ (i – номер перехода);
- 7) оценка условий обеспечения заданных чертежом параметров точности $ПТ_{\text{ЧЕРТ}}$, то есть условий $ПТ_{\text{ОП}}^K (ПТ_i^K) \leq ПТ_{\text{ЧЕРТ}}$.

По результатам этой оценки определяется необходимость в отладке (шаг 8) и далее выполняется:

- 9) коррекция структуры операции;
- 10) коррекция на этапе настройки;
- 11) коррекция на этапе формообразования условий обработки на станке с ЧПУ и конструкторско-технологических параметров элементов технологической системы.

Отладку (шаг 8) заданного перехода или операции следует проводить в случае не обеспечения расчетных параметров точности на переходе $ПТ_i^K$ или операции $ПТ_{ОП}^K$, чертежным – $ПТ_{ЧЕРТ}$, т.е. при $ПТ_{ОП}^K (ПТ_i^K) > ПТ_{ЧЕРТ}$. Для этого на этапе формообразования необходимо изменить (шаг 11) условия обработки на станке и конструкторско-технологические параметры элементов технологической системы, а именно:

а) по металлорежущему станку с ЧПУ – осевую подачу, осевое биение шпинделя, число осевых биений шпинделя за один оборот, погрешность расположения оси отверстия на этапе настройки;

б) по режущему инструменту – диаметр и его наименьшее и наибольшее отклонения, вылет, число зубьев, осевое биение режущих кромок, параметры заточки режущей части инструмента;

в) по вспомогательному инструменту – набор вспомогательного инструмента для закрепления и их параметры, вид вспомогательного инструмента для направления режущего инструмента и его параметры (коррекция жесткости).

В рассматриваемом блоке методики для отладки (шаг 10) предусмотрен также выход на блок обеспечения точности на этапе настройки (см. рис. 1) и проведение в нем необходимой коррекции.

Следует также отметить, что обеспечение точности при формообразовании отверстий в значительной степени зависит от структуры операции. Предлагаемый блок методики обеспечения точности на этапе формообразования позволяет изменить (скорректировать) ранее заданную структуру операции (шаг 9) и заново рассчитать конечные параметры точности $ПТ_{ОП}^K$ отверстий в многопереходной операции.

Автоматизированный расчет точности на отдельных переходах и при многопереходной обработке с учетом этапа настройки выполняется с помощью компьютерной методики расчета точности отверстий, в основу которой положены модели формообразования отверстий концевыми мерными инструментами [6]. Эта методика позволяет выполнить оценку таких нормируемых параметров точности отверстий как позиционное отклонение, отклонение от перпендикулярности, отклонение от круглости, точность по диаметру (калитет).

Работоспособность предлагаемой методики обеспечения точности на стадии технологической подготовки производства и прикладных компьютерных программ рассмотрена на примере разработки технологии обработки отверстий $\varnothing 20$ мм в детали «Плита толкателей» на многоцелевом станке мод. ГФ2171С5.

Рассмотренная методика позволит значительно уменьшить трудности и ошибки, возникающие в технологической подготовке производства деталей, имеющих отверстия с высокими требованиями к параметрам точности и в итоге, обеспечит более эффективную их обработку концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пестов, С.П. Комплексный подход к моделированию точности обработки отверстий на станках с ЧПУ / С.А. Пестов // Совершенствование наукоемких технологий и конструкций: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – С. 5 – 9.
2. Пестов, С.П. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / С.А. Пестов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 66 с.
3. Пестов, С.П. Особенности формирования размерных цепей при обработке отверстий на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 49 – 52.
4. Пестов, С.П. Моделирование точности расположения осей отверстий на станках с ЧПУ при настройке / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – № 2 (19), 2003.– С. 37–41. http://www.sci.urfu.ac.ru/news/2003_2/2003_2_6_1.pdf.
5. Пестов, С.П. Интервальный расчет размерных цепей: учебное пособие / С.П. Пестов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 24 с.
6. Пестов, С.П. Система математических моделей формообразования отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, О.О. Беляев, П.Г. Мазеин // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – № 4 (21), 2003.– С.83 – 87. http://www.sci.urfu.ac.ru/news/2003_4/2003_4_6_2.pdf

ТЕСТИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ ПО СИСТЕМАМ ЧПУ КЛАССА PCNC

С.А. Псарев, П.Г. Мазеин, Э.Ш. Лукманов

В связи с острым дефицитом квалифицированных кадров по машиностроительным специальностям необходимо совершенствование контроля качества знаний. Одним из объективных методов контроля знаний является автоматизированное тестирование. Для эффективного тестирования знаний по станкам и системам ЧПУ разработана универсальная система тестирования (рис. 1), которая может функционировать также и в сетевом варианте. Система позволяет также создавать электронные лекции по станкам с ЧПУ и другим дисциплинам.

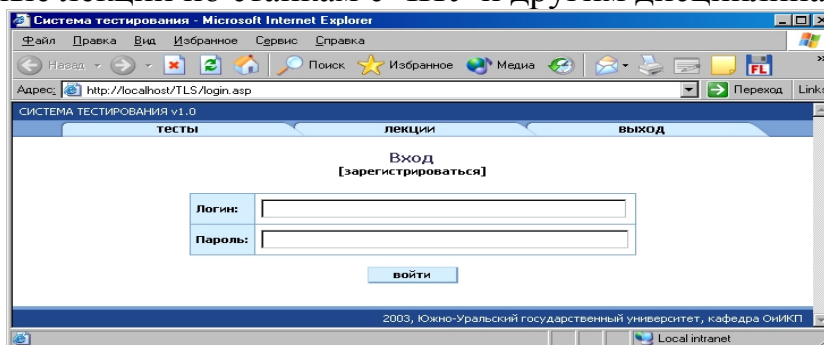


Рис. 1. Окно регистрации пользователя системы

После входа в систему появится окно, в котором будет предложено ввести фамилию, имя, отчество. Данная информация необходима для преподавателя. После нажатия левой клавиши мыши кнопки «ВОЙТИ» произойдет вход в систему тестирования, появится стартовая страничка (рис. 2). Вверху страницы расположено главное меню.

Главное меню продублировано в центральной зоне с краткими пояснениями

Выполним вход в раздел «ТЕСТЫ», кликнув левой клавишей мыши на соответствующем разделе «ТЕСТЫ». После этого будет отображаться раздел «ТЕСТЫ», в окне которого будут предложены на выбор тесты, доступные для выполнения на данный момент. Для того чтобы выполнить нужный тест, необходимо кликнуть левой клавишей мыши на соответствующее название теста.

Далее появится подробное описание выполняемого теста: название теста, продолжительность теста, количество задач в тесте (рис. 3).

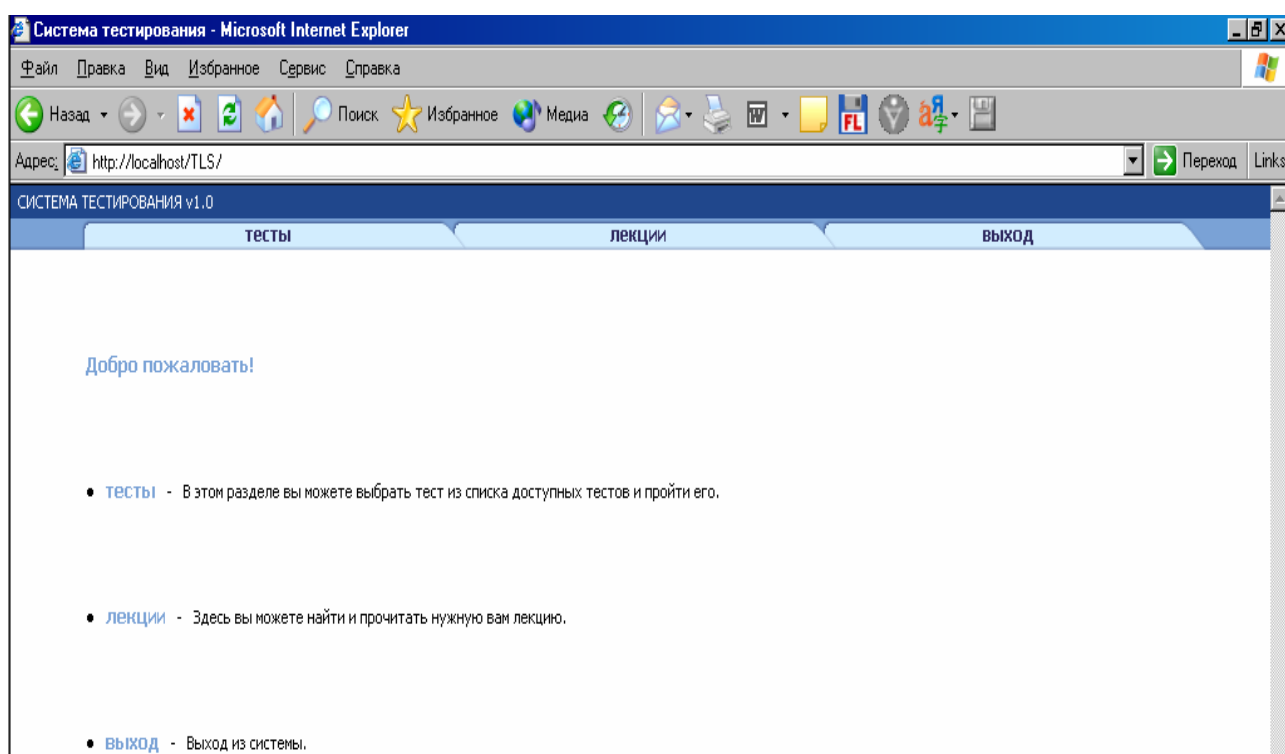


Рис. 2. Стартовая страница программы

Для того чтобы перейти к тестированию необходимо кликнуть левой клавишей мыши на кнопке «НАЧАТЬ ТЕСТИРОВАНИЕ». Появится окно тестирования (рис. 4).

Вопрос теста и варианты ответа отображаются в области 1. В области 3 необходимо ввести вариант ответа и для продолжения нажать кнопку «ДАЛЕЕ». Если задача предполагает выбор ответа из списка, то в поле ввода ответа следует вводить номер ответа, показавшегося вам правильным. Если же задача предполагает числовой ответ, следует проконсультироваться у преподавателя, каким знаком нужно разделять дробную и целую часть числа (это зависит от того, как этот знак

был задан при занесении задачи в базу данных), а также до скольких знаков после запятой производить округление, если это не указано в тексте задачи.

В тексте задачи могут присутствовать пояснительные рисунки и формулы. В области 2 расположена кнопка «НАЗАД» для возврата к предыдущему вопросу теста. Таким образом, если затруднительно сразу ответить на вопрос, то к нему можно вернуться позже. Но, необходимо помнить, что на выполнение всего теста отведено ограниченное количество времени, оставшееся время отображается в области 4 (в минутах и секундах).

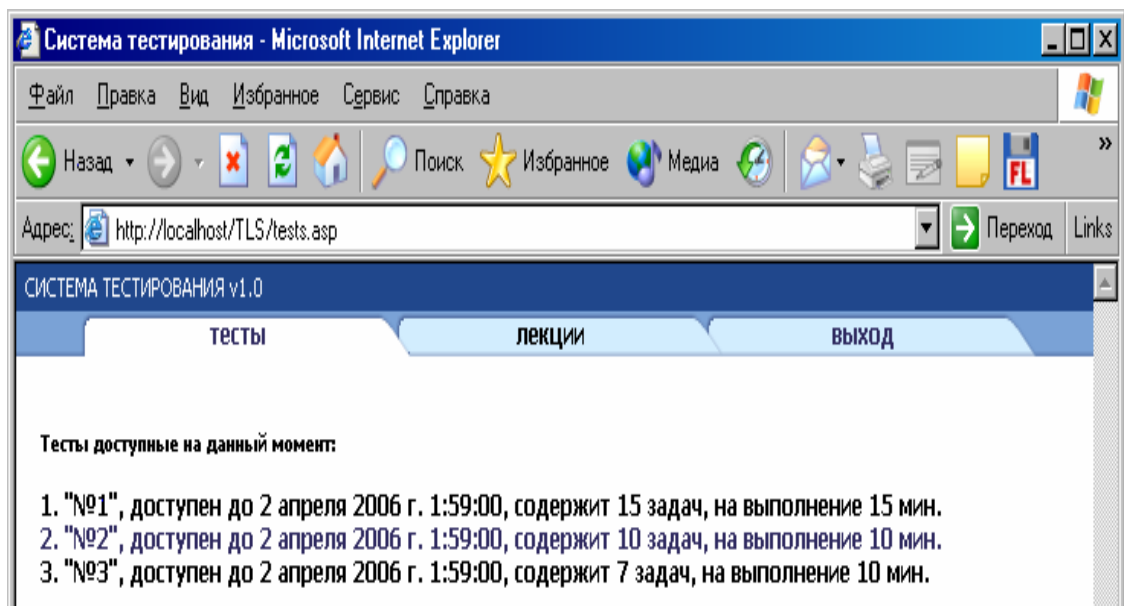


Рис. 3. Окно выбора теста

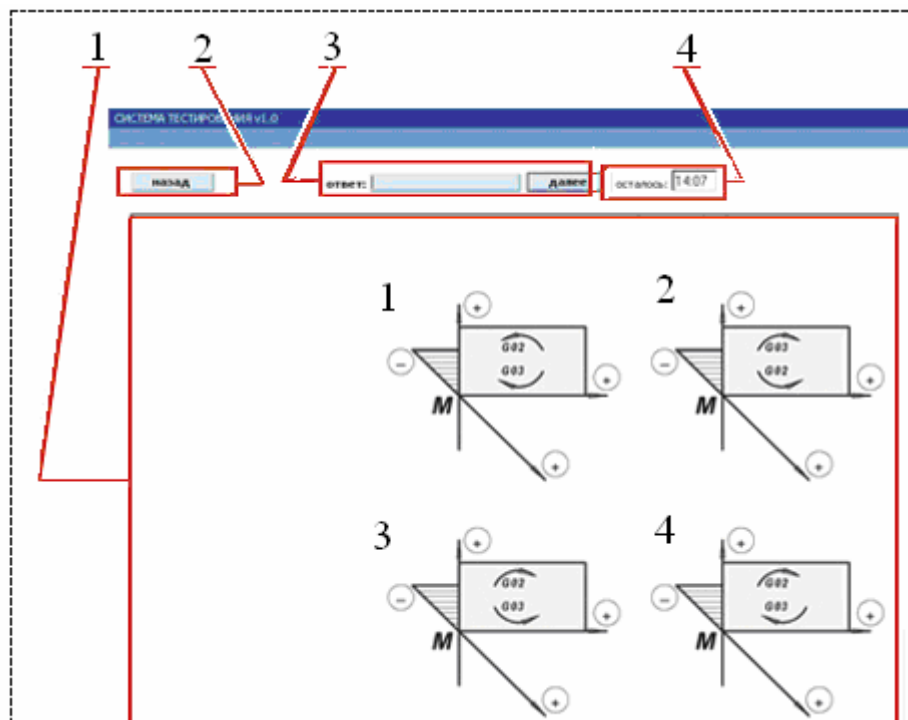


Рис. 4. Окно тестирования

Выбрав вариант ответа (рис. 5), вводят его в поле «ОТВЕТ» и кликают левой клавишей мыши кнопку «ДАЛЕЕ». Появится окно со следующей задачей.

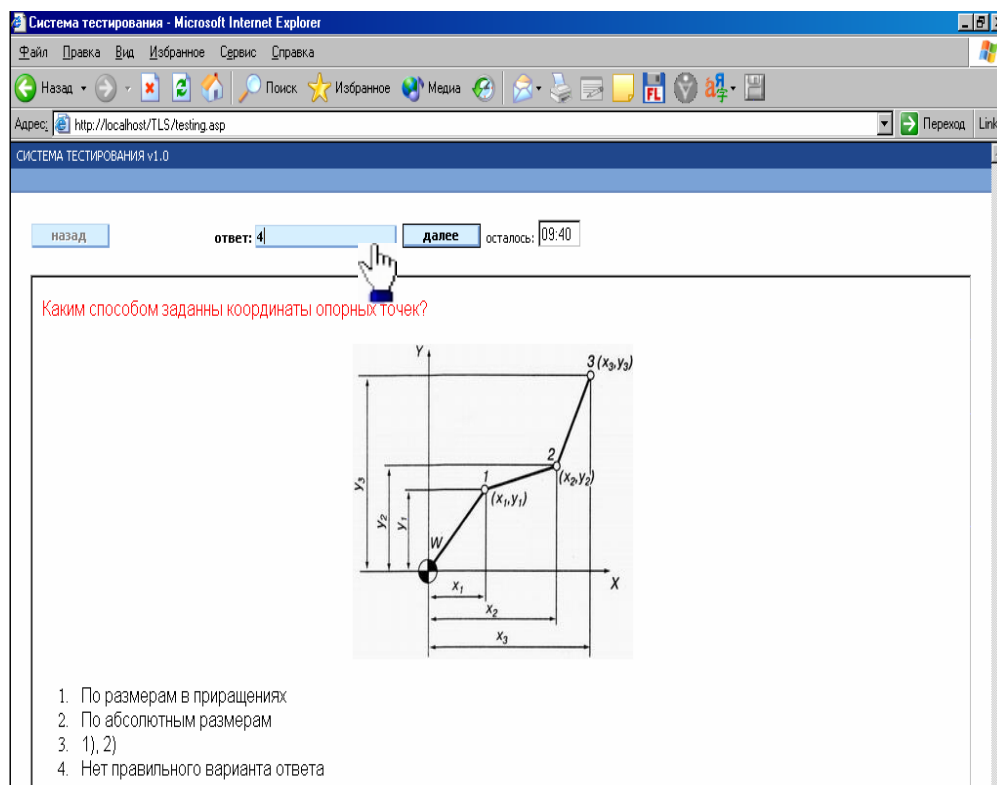


Рис. 5. Окно с тестирующей задачей

Снова появится окно с новой задачей. Новые вопросы будут появляться до тех пор, пока все не закончатся или закончится отведенное время. После этого появится сообщение об окончании тестирования (рис. 6).

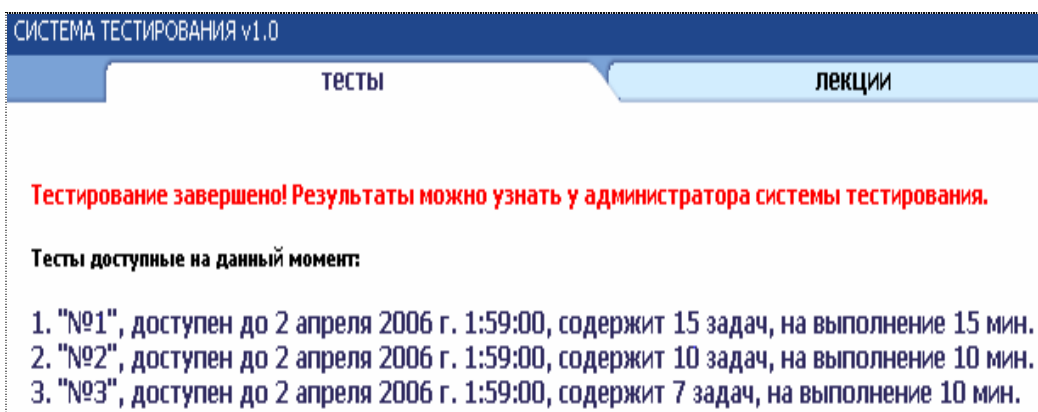


Рис. 6. Окно с сообщением об окончании тестирования

У администратора тестирования имеется полная статистика выполненных тестов: на какие вопросы даны верные ответы, на какие – неверные, количество верных ответов, количество неверных ответов.

Система обеспечивает тестирование в компьютерной сети и позволяет регистрировать объективную оценку знаний студентов в деканате.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМИТАТОРОВ СТАНКОВ С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

С.Н. Свиридов, П.Г. Мазеин

Одной из проблем реализации геометрической и терминальной задач ЧПУ является адекватная визуализация траектории обработки и конфигурации обрабатываемой заготовки. Проблемы связаны со скоростью воспроизведения изображения в режиме реального времени. В настоящее время можно, не применяя специальных сложных операционных систем реального времени, таких например, как QNX-6, использовать возможности современных версий Windows. В разработанном для СЧПУ класса PCNC программном пакете “Гибкая производственная система (ГПС)”, включающем имитаторы токарного и фрезерного станков заготовка, так и режущий инструмент представляется в виде матриц, что позволяет перейти к твёрдотельному моделированию. Такой подход к эмуляции процесса резания дало возможность получить адекватный результат с заданной точностью. Использование при этом оригинальных методов оптимизации существенно снизило технические требования к аппаратному обеспечению.

Фрезерный имитатор (модуль) предназначен для имитации процесса резания на вертикально-фрезерном (торцовыми, концевыми фрезами) и горизонтально-фрезерном станке (дисковыми фрезами).

Параметры режущих инструментов могут устанавливаться произвольно. В силу особенностей реализации разработанного фрезерного модуля имитацию обработки можно производить только в вертикальной плоскости, то есть установка, например, концевой фрезы возможна только в вертикальной плоскости, а дисковой фрезы – только в горизонтальной плоскости. Фрезерный имитатор имеет 3 вида отображения заготовки:

а) каркас–заготовка отображается каркасом со всеми гранями образованными в процессе обработки;

б) поверхность–заготовка отображается поверхностью со всеми поверхностями образованными в процессе резания (этот режим наиболее требователен к параметрам аппаратного обеспечения системы ЧПУ);

в) траектория–заготовка обозначена только контуром ограничивающим его габариты, в этом режиме траектория дополнительно подсвечивается различными цветовыми оттенками, в зависимости от глубины обработки.

Модуль позволяет имитировать полученную деталь с точностью от 0,05 мм до 1 мм и представляет информацию о полученной детали в доступном виде, чему способствует разнообразие видов и параметров отображения информации полученной в процессе резания.

Подробнее рассмотрим представление заготовки в данном модуле. Заготовка представляется в виде прямоугольной матрицы, в узлы которой записаны значения верхних точек заготовки, таким образом, профиль обработанной детали образуется путём изменения значений высот крайних верхних точек. Заготовку можно

представить в виде заготовки, составленной из призм различной высоты (рис. 1), в процессе обработки высоты призм меняются. При достаточно маленьком размере основания таких призм, можно добиться достаточно большой достоверности, именно с этим и связано то, что при увеличении точности увеличивается и число так называемых “призм”, что в свою очередь приводит к увеличению нагрузки на компьютер.

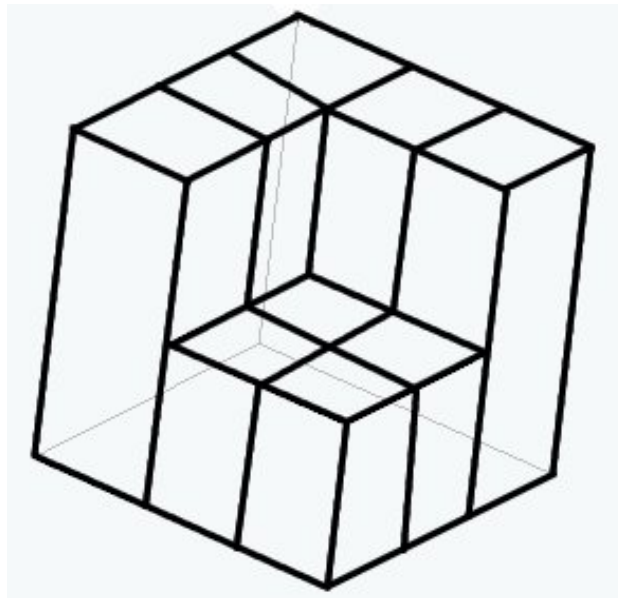


Рис. 1. Матрица заготовки фрезерного модуля

Недостатком такого подхода является возможность производить обработку только в вертикальной плоскости.

Параметры модуля устанавливаются в окне «Параметры», которое можно вызвать из меню («Фрезерный станок —> Настройки изображения»). Параметры разделены по категориям (закладкам), рассмотрим их подробнее.

Общие. Здесь можно изменить точность заготовки, но следует помнить, что при увеличении точности значительно увеличивается нагрузка на компьютер, что может сказаться на скорости работы программы.

На этой закладке также можно установить цвет фона и цвет осей координат.

Режущий инструмент. Здесь можно установить тип режущего инструмента и его параметры, для каждого типа режущего инструмента, кроме того, на этой закладке можно установить цвет режущего инструмента.

Заготовка. Здесь устанавливаются габариты заготовки и цвет.

Слои. Здесь можно установить цвета отображения траекторий, траектория отображается различными цветами в зависимости от глубины. Высота всей заготовки делится на десять уровней глубины, цвет на каждый из этих уровней и можно установить на этой закладке.

Нажатие на кнопку «Применить» приведёт к тому, что будут применены все установленные параметры, нажатие кнопки «Отменить» – позволяет закрыть окно «Параметры» без применения изменений. Пункт меню «Сечения» – открывает окно «Сечения», которое предназначено для отображения сечений по слоям. Окно

разделено на три части, где отображаются сечения по плоскостям параллельным основным плоскостям системы координат. Смещения плоскостей относительно осей координат можно производить непосредственным вводом. Для этой цели каждое сечение оснащено полем для ввода информации. Указывать величину смещения можно с помощью мыши, для этого необходимо кликнуть на сечении и красная линия, символизирующая плоскость сечения переместится в эту точку, направления сечений можно менять при помощи галочек.

Во фрезерном модуле имеется несколько различных видов отображения заготовки/детали (все они находятся в меню «Фрезерный станок» → «Вид»):

— каркас – заготовка отображается каркасом со всеми гранями образованными в процессе обработки;

— поверхность – заготовка отображается поверхностью со всеми поверхностями, образованными в процессе резания (этот режим наиболее требовательный к аппаратному обеспечению);

— траектория – заготовка обозначена только контуром, ограничивающим его габариты (в этом режиме траектория дополнительно подсвечивается различными цветами, в зависимости от глубины обработки).

Кроме этого, можно отдельно указать, какие элементы показывать, а какие скрывать («Фрезерный станок» → «Вид» → «Показывать»): оси координат, сетка, траектория, заготовка, режущий инструмент.

Токарный имитатор (модуль) позволяет выполнять обработку заготовки стандартными режущими инструментами, такими как сверло, резец канавочный, резец проходной, резец контурный, резец резьбовой, с произвольной геометрией, по выбору пользователя. 3D-модуль токарного имитатора позволяет в реальном времени проследить процесс обработки. Для большей достоверности добавлена имитация вращения шпинделя. В этом модуле, так же реализованы несколько видов отображения заготовки:

— поверхность–заготовка отображается полностью;

— линии–заготовка отображается контурами;

— усечённая поверхность – отображает заготовку со всеми поверхностями, но в сечении;

— усечённые линии – отображается заготовка контуром, ограниченным сечением.

Переключение между указанными видами отображения заготовок может производиться свободно, в том числе и переход из 2D-модуля в 3D-модуль.

Для большего понимания возможностей модуля рассмотрим представление заготовки в токарном модуле пакета (рис. 2).

Заготовка представляется в виде матрицы, но в отличие от фрезерного модуля в узлах матрицы хранится информация о том, есть ли в этом узле материал или нет, причем хранится матрица не всего сечения, а лишь половины, так как деталь симметрична относительно оси. Отображение детали получается путём поворота матрицы вокруг оси детали. Главным недостатком этого способа представления является невозможность отображения резьбы, но этот метод позволяет использо-

вать меньше ресурсов компьютера, что позволяет добиться заметного повышения точности без заметного увеличения нагрузки на компьютер.

Токарный имитатор имеет два вида отображения: двухмерный/плоский и трёхмерный/объемный. Переключения между двух- трёхмерными режимами можно осуществлять неограниченно, при условии, что в данный момент имитатор не осуществляет обработку заготовки, то есть простаивает.

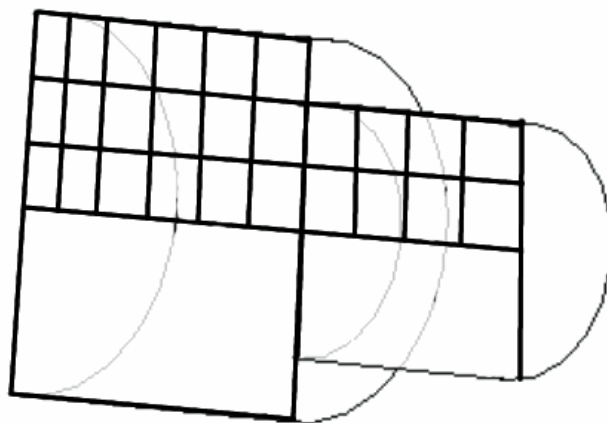


Рис. 2. Матрица заготовки токарного модуля

Из двухмерного режима переключение в трёхмерный режим осуществляется при помощи пункта меню «Токарный станок» → «3D», из трёхмерного в двухмерный – при помощи пункта меню «Токарный станок 3D» → «2D».

Включение/выключение анимации шпинделя токарного станка производится при помощи пункта меню «Токарный станок 3D» → «Анимированный шпиндель». Параметры анимации устанавливаются в настройках токарного модуля.

В токарном модуле реализованы несколько видов отображения заготовки (все они находятся в меню «Токарный станок 3D» → «Вид»):

- поверхность–заготовка отображается полностью;
- линии–заготовка отображается контурами;
- усечённая поверхность – отображает заготовку со всеми поверхностями, но в сечении;
- усечённые линии – отображается заготовка контуром, ограниченным сечением.

Настройки токарного модуля устанавливаются в окне «Параметры», которое можно вызвать из меню («Токарный станок 3D» → «Настройки»). Параметры разделены по категориям (закладкам). Рассмотрим их подробнее.

Общие. Здесь можно изменить точность заготовки. Но следует помнить, что при увеличении точности значительно увеличивается нагрузка на компьютер, что может сказаться на скорости работы программы. Поле «Число элементов разбиения» указывает количество разбиений окружности и влияет только на параметры отображения. На этой закладке также можно установить цвет фона и цвет осей координат. Раздел «Анимация шпинделя» позволяет установить параметры анимации шпинделя.

Режущий инструмент. Здесь можно установить тип режущего инструмента и его параметры, кроме того, на этой закладке можно установить цвет изображения режущего инструмента.

Заготовка. Здесь устанавливаются габариты заготовки и цвет изображения.

Таким образом, разработанная модель имитаторов более реалистична, чем использовавшаяся ранее [1, 2], что обеспечивает ускорение адаптации пользователей к интерфейсу устройства ЧПУ класса PCNC.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазеин, П.Г. Применение реально-виртуальных учебных комплексов с компьютерными системами ЧПУ в учебном процессе / П.Г. Мазеин, В.А. Смирнов // Вестник компьютерных информационных технологий, 2005. – №3. – С. 26 – 29.

2. Мазеин, П.Г. Станки с компьютерным управлением / П.Г. Мазеин // Наука и технология. – М: РАН, 2005. – С. 22 – 23.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС

А.А. Савельев, С.Н. Свиридов, С.С. Панов, П.Г. Мазеин

В связи с развитием систем ЧПУ класса PCNC актуальными являются разработки систем управления роботов и роботизированных систем с компьютерным управлением.

Разработан новый роботизированный комплекс с компьютерным управлением обеспечивающий имитацию сборочного процесса.

На рис. 1, 2 показаны окна с выпадающими меню, используя которые можно выполнить наладку робота и создать управляющую программу его работы. Отработать созданную программу можно на компьютерном имитаторе, а затем на реальном стенде, включающем подиум, робот, накопители и детали, подлежащие сборке.

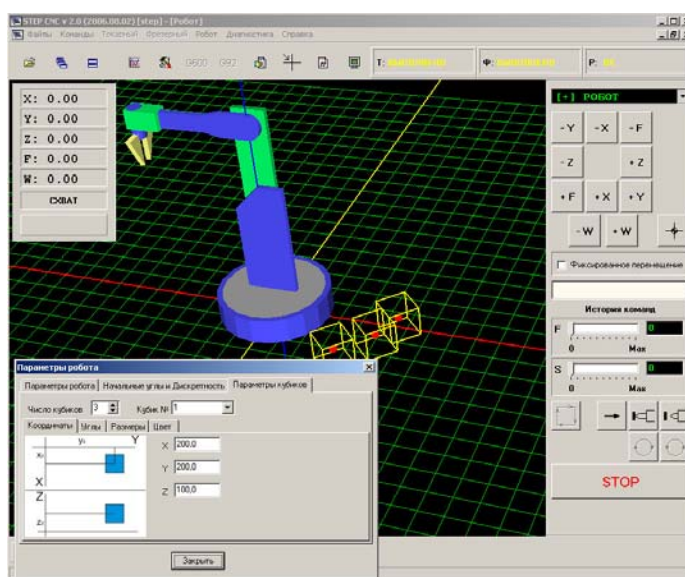


Рис. 1. Окно пульта с меню “Параметры кубика”

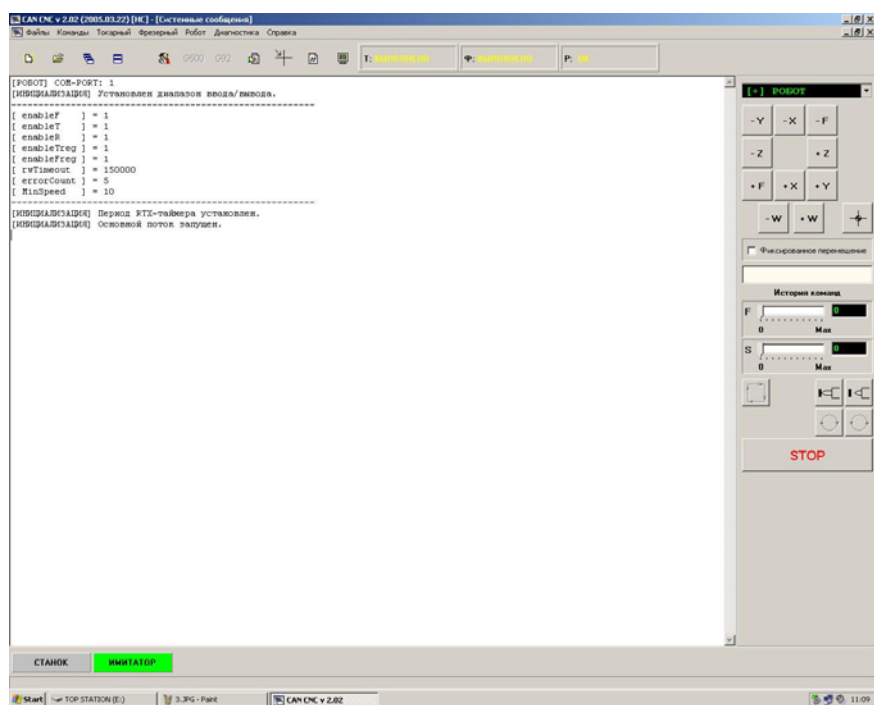


Рис. 2. Главное окно управления роботом

Один из возможных вариантов предусматривает перемещение (сборку) кубических элементов.

Верхнее меню показывает версию программы и дату последней отладки. Главное меню содержит следующие выпадающие меню:

- файл (выход из модуля),
- настройки (переключение портов COM1/COM2),
- команды (режимы работы с роботом).

В меню состояния работы робота отображается режим работы модуля (ИМИТАТОР/СТАНОК).

Ручное, отладочное, управление роботом производится через окно, находящееся в правой части главного окна. Рядом с названием оси заносятся координаты и после нажатием соответствующей кнопки, робот начинает обработку заданного положения. Ниже этого окна находится командная строка. Она служит для обработки заданной в ней команды. Робот начинает обработку команды после нажатия клавиши Enter на клавиатуре компьютера. Под командной строкой находится кнопка СТОП. Она останавливает перемещение робота только после окончания выполнения действующей команды. Последняя строка показывает состояние робота. Если она закрашена в красный цвет, то в данный момент робот обрабатывает заданное положение. Окно визуализации отображает положение робота.

Выпадающее меню “Команды” реализует переключение режимов работы робота.

Загрузка УП происходит через меню «Файлы». Нажатием кнопки “Открыть» запускают в работу нужную управляющую программу (файл с программой).

В меню ПАРАМЕТРЫ РОБОТА (рис. 3) выполняется настройка робота.

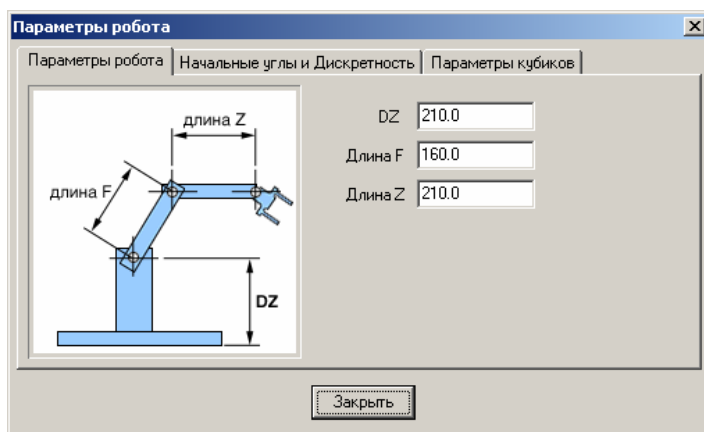


Рис. 3. Окно ввода параметров робота

В меню “Параметры кубиков” (рис. 4) выполняются настройки параметров сборочных элементов.

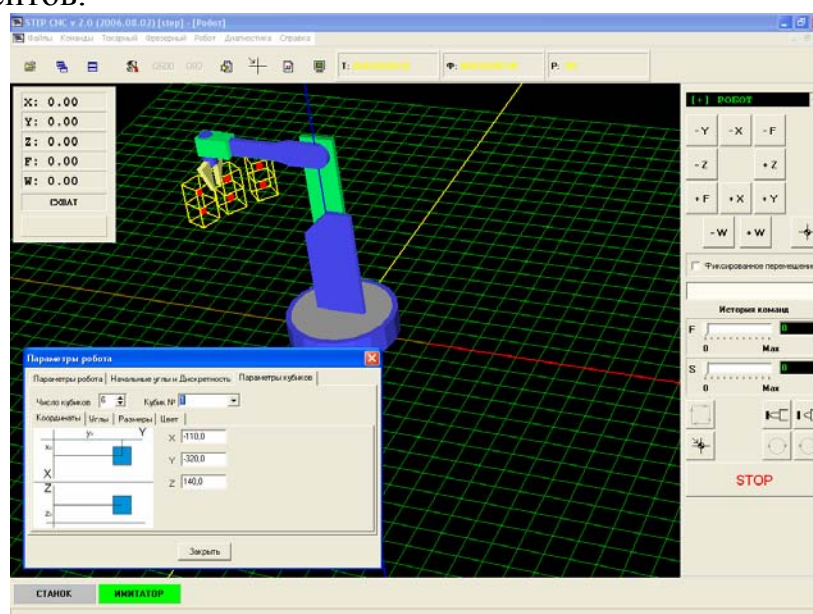


Рис. 4. Окно ввода параметров кубиков

Настройки параметров находятся на закладке «Параметры кубиков» («Робот» → «Настройки оборудования»), удобно производить настройку при открытом окне визуализации, т.к. все параметры вступают в силу немедленно, сохранение настроек происходит при закрытии программы.

Вводятся следующие параметры кубиков: число кубиков (от 0 до 10), индивидуальные параметры каждого кубика в прямоугольной системе координат XYZ (положение в пространстве, размеры), цвет кубиков, углы: поворот кубика вокруг осей (рис. 5).

Опция «Цвет»: изменяется цвет нулевой точки и контура кубика, и заливки поверхности кубика (рис. 6). Робот производит захват кубиков при условии, что расстояние между нулевой точкой кисти робота и нулевой точкой кубика не превышает $\sqrt{\text{SizeX}^2 + \text{SizeY}^2 + \text{SizeZ}^2}$. Относительное смещение кубика относительно кисти робота сохраняется.

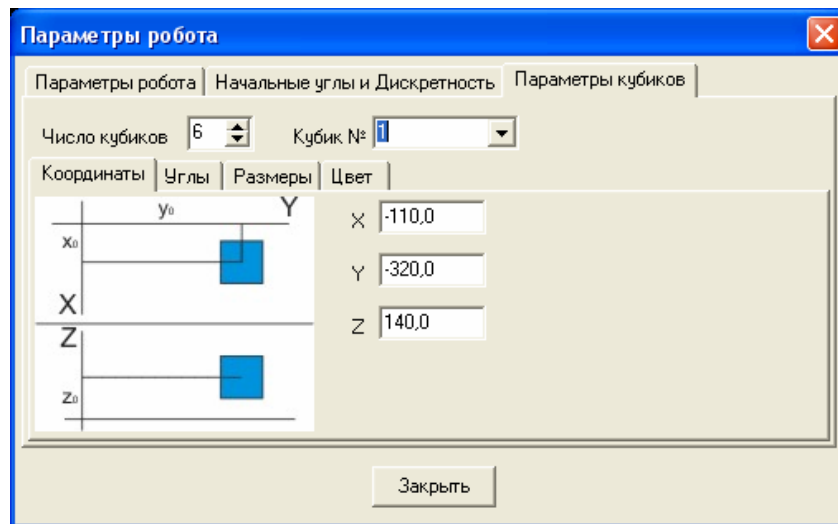


Рис. 5. Окно ввода положения кубиков

Пример управляющей программы

Для правильной работы комплекса надо задать параметры настройки робота.

$DZ = 210$; $F = 160$; $Z = 210$

Задаем параметры кубиков:

– количество кубиков 6,

Кубик 1 $x = -110$ $y = -320$ $z = 140$ (см. рис. 4),

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -20$,

Размеры: $40 \times 40 \times 40$.

Кубик 2 $x = -165$ $y = -290$ $z = 140$,

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -31$,

Размеры $40 \times 40 \times 40$.

Кубик 3 $x = -220$ $y = -250$ $z = 140$,

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -43$,

Размеры $40 \times 40 \times 40$.

Кубик 4 $x = -110$ $y = -320$ $z = 180$,

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -20$.

Размеры $40 \times 40 \times 40$.

Кубик 5 $x = -165$ $y = -290$ $z = 180$,

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -31$.

Размеры $40 \times 40 \times 40$.

Кубик 6 $x = -220$ $y = -250$ $z = 180$,

Углы: поворот кубика вокруг оси $z = -43$,

Размеры $40 \times 40 \times 40$.

Управляющая программа обеспечивает захват нужного кубика в накопителе, съем его со штыря и перенос в заданную координату:

; кубик 1

LockerOFF

открытия схвата,

GotoW -20

поворот робота на 20° ,

PointHV 335 300

подход робота к кубику,

PointHV 335 270,
 LockerON захвата кубика схватов,
 PointHV 335 300 поднятия кубика,
 ;перенос кубика на место установки,
 GotoW 20 поворот робота,
 PointHV 335 225 подход к основанию стола,
 LockerOFF разжатия схвата,
 PointHV 335 300 понятия руки робота,
 GotoNull выход в ноль робота.

Остальные команды повторяются:

;кубик 6
 LockerOFF,
 GotoW -43,
 PointHV 335 300,
 PointHV 335 230.
 LockerON,
 PointHV 335 240,
 PointHV 335 260.
 PointHV 335 280,
 PointHV 335 320,
 ;перенос кубика на место установки,
 GotoW 30,
 LockerOFF.
 PointHV 338 340,
 GotoNull.

Таким образом, решение системных проблем, выполненное при разработке комплекса позволяет реализовать на компьютерном имитаторе и на реальном стенде выполнение программ сборки (рис. 6).

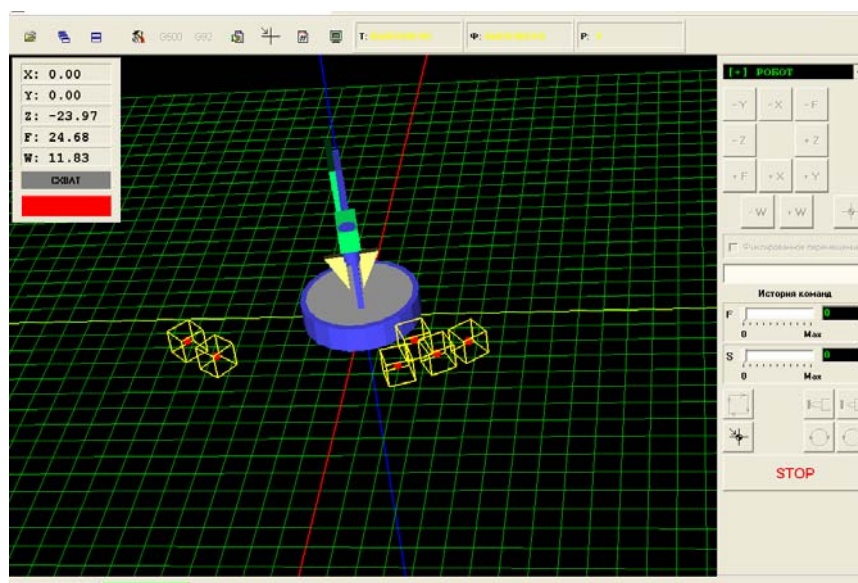


Рис. 6. Выполнение программы сборки по примеру

Применение комплекса в учебном процессе позволяет изучить возможности роботизированных комплексов и систем компьютерного управления класса PCNC, а также научиться выполнять их наладку и программирование процессов сборки.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

И.С. Мамонтов, А.А. Савельев, П. Г. Мазеин

Программирование гибкой производственной системы (ГПС) рассматривается на примере станочной системы с минимальным для ГПС составом: токарный и сверлильно-фрезерный станки с компьютерным управлением, электромеханический робот с компьютерным управлением и стеллаж-накопитель заготовок [1– 5].

Токарный станок имеет управляемый привод главного движения, два одновременно управляемых привода подач, 4-х позиционную револьверную головку с автоматизированным поворотом, автоматизированный привод пиноли задней бабки [1, 2].

Сверлильно-фрезерный станок имеет управляемый привод главного движения, три одновременно управляемых привода подач, автоматизированное зажимное устройство [3]. Робот имеет пять степеней свободы и работает в ангулярной системе координат [2].

Управление выполняется от персонального компьютера и связанных между собой блоков управления станков и робота.

Цилиндрические заготовки, которые должны пройти обработку на токарном и фрезерном станках, устанавливаются роботом на ось центров токарного станка и затем поджимаются к переднему центру задним центром. Крутящий момент на заготовку передается за счет рифлений на торце оправки переднего центра. На фрезерный станок заготовка устанавливается в зажимное приспособление с автоматизированным приводом.

Перед началом программирования ГПС в режиме обучения системы необходимо:

- проверить настройки дискретности в модуле «Робот»;
- выполнить технологическое диагностирование, проверить виртуально и реально отработку управляющих программ на токарном и фрезерном станках.

При программировании ГПС рекомендуется выполнять следующие правила, обеспечивающие работоспособность станочной системы и обусловленные особенностями используемого учебного робота:

- свести к минимуму число промежуточных перемещений робота;

- после каждого функционально завершённого блока программы выводить робота в нулевое положение;
- формирование и отладку программы необходимо выполнять в режиме обучения без заготовки;
- время работы пиноли токарного станка и зажима фрезерного станка подбираются экспериментально;
- перед запуском управляющей программы робота (ГПС) необходимо вывести исполнительные механизмы станков в исходное (нулевое) положение;
- перед запуском ГПС необходимо проверить работоспособность станков в ручном режиме.

Структура одного из типичных циклов обслуживания станков, которые можно реализовать при указанной комплектации станочной системы следующий:

- выполняется проверка положения рабочих органов станка;
- выполняется передача управления роботу;
- выполняется разжим схвата робота;
- робот из исходной позиции, выполняя последовательно движения по осям, устанавливает хват, так, чтобы он охватил заготовку находящуюся в стеллаже – накопителе;
- выполняется зажим заготовки схватом робота;
- робот, выполняя последовательно движения по осям, переносит заготовку из накопителя в положение соосное оси центров токарного станка;
- передача управления токарному станку;
- перемещение пиноли задней бабки на поджим заготовки к переднему рифленому центру (поводку);
- передача управления роботу, который выполняет разжим схвата и устанавливается в исходное положение;
- передача управления токарному станку;
- выполнение управляющей программы обработки заготовки на токарном станке;
- после окончания обработки суппорты станка перемещаются в положение удобное для смены заготовки (в ноль станка – фиксированную точку станка);
- передача управления роботу;
- робот схватом охватывает обработанную заготовку и зажимает хват;
- передача управления токарному станку;
- производится отвод пиноли задней бабки (разжим заготовки);
- передача управления роботу;
- робот переносит заготовку в зажимное приспособление сверлильно-фрезерного станка;
- передача управления фрезерному станку;
- выполняется зажим заготовки;
- передача управления роботу;

- робот разжимает схват и устанавливается по всем управляемым осям в нулевое положение;
- передача управления фрезерному станку и выполнение управляющей программы обработки детали на фрезерном станке;
- передача управления роботу;
- подвод схвата робота к зажатой заготовке;
- зажим заготовки схватом;
- передача управления фрезерному станку;
- разжим зажимного приспособления
- передача управления роботу;
- снятие заготовки со станка;
- выход робота в исходное (нулевое) положение;
- установка заготовки в стеллаж-накопитель;
- разжим заготовки схватом;
- выход робота в нулевое положение.

Фрагмент управляющей программы для ГПС (комментарии к кадрам управляющей программы указываются через ;) выглядит следующим образом:

```

; команда начала программы
START
; вывод робота в начальное положение
GotoNull
; разжим схвата
LockerOFF
; вывод робота к складу заготовок
GotoXYZFW 0 0 -50 0 0
GotoXYZFW 0 0 -50 0 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -135
GotoXYZFW 90 0 -10 55 -135
; зажим схвата
LockerON
; установка заготовки на токарный станок
GotoXYZFW 90 0 -10 45 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 45 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -45
GotoXYZFW 90 0 -50 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -50 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -53 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -53 50 -45
GotoXYZFW 87 -30 -53 50 -45
GotoXYZFW 87 -30 -53 50 -46
GotoXYZFW 90 -30 -53 50 -46

```

; включение пиноли токарного станка на 35 сек.

STLON 35

; разжим схвата

LockerOFF

; вывод робота в начальное положение

GotoXYZFW 90 -30 -53 0 -46

GotoXYZFW 90 -30 -53 0 0

GotoNull

Созданные ГПС работают в вузах России и Казахстана, обеспечивая повышение качества подготовки кадров машиностроителей. Их можно использовать не только для обеспечения учебного процесса, но и для выполнения научных исследований.

В настоящее время ГПС выполняются на базе как настольных, так и минигабаритных станков с использованием робота с цилиндрической системой координат и шаговыми приводами перемещений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазеин, П.Г. Устройства гибкого производственного модуля на базе сверльно-фрезерного станка / П.Г. Мазеин, А.В. Шереметьев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 68 – 73.

2. Мазеин, П.Г. Станки и станочные системы. «Информационные и коммуникационные технологии как инструмент повышения качества профессионального образования» / П.Г. Мазеин, С.С. Панов, А.А. Савельев // Сб. докл. II Международной Интернет-конференции. – Екатеринбург: РГППУ, 2005. – С. 47–51. www.rsvpu.ru.

3. Мазеин, П.Г. Компьютерное моделирование станков с ЧПУ, роботов, ГПМ и ГПС / П.Г. Мазеин, С.А. Псарев., С.Н. Свиридов // II-я международная научно-практическая конференция. Единое образовательное пространство славянских государств в XXI веке: Проблемы и перспективы. – Брянск, БГТУ; СГА, 2006. — С. 319 – 322.

4. Мазеин, П.Г. Компьютерный имитатор гибкой производственной системы / П.Г. Мазеин, С.А. Псарев, С.Н. Свиридов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – N12, 2005. – С. 10 – 12.

5. Свидетельство 2006610171 РФ о государственной регистрации программного обеспечения. Модель ГПС / П.Г. Мазеин, С.Н. Свиридов, С.А. Псарев, А.В. Семенов. Зарегистрировано 10.01.06.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПАСПОРТА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА К ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЕГО СТАНДАРТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д.В. Ардашев

В настоящее время шлифовальный круг сопровождается маркировкой, регламентированной ГОСТ 2424–83, содержащей только конструктивные параметры инструмента. Сведения об эксплуатационных свойствах круга в его стандартной маркировке отсутствуют. Это обстоятельство существенно сужает область применимости круга той или иной характеристики, делая его пригодным к использованию только в технологических условиях, описанных в нормативах режимов резания [1].

Задача рациональной эксплуатации шлифовальных кругов в изменяющихся технологических условиях может быть решена на основе учета эксплуатационных возможностей инструмента при изменении условий выполнения операции. В качестве характеристического описания работоспособности инструмента в изменяющихся технологических условиях был предложен технологический эксплуатационный паспорт шлифовального круга, расширяющий его стандартную характеристику и представляющий собой набор величин эксплуатационных показателей инструмента, зависящих от времени и режима работы круга [2]. Исследования работоспособности шлифовальных кругов в разных технологических условиях показали, что параметры стандартной характеристики круга оказывают значительное влияние на величины эксплуатационных показателей инструмента (рис. 1).

В Уральском НИИ абразивов и шлифования разработан стандарт предприятия, который содержит технологические эксплуатационные паспорта на ряд шлифовальных кругов разных характеристик [3] — 24A25НСМ27К, 92A25НСМ27К, 24A40НСМ27К и 24A16НСМ27К. Паспорта построены по результатам испытаний кругов в условиях круглого наружного шлифования на подачах 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4 и 0,5 мм/мин образцов из стали 45 (42...45 HRC₉).

В настоящей работе ставится задача анализа влияния изменения марки материала зерна с 24А на 92А, зернистости шлифовального круга с 25Н на 40Н и степени твердости круга с СМ2 на С1 на эксплуатационные показатели инструментов.

Рассмотрим эксплуатационные показатели кругов указанных характеристик, полученных на подаче 0,2 мм/мин.

Изменение марки материала зерен круга. Переход от одной марки материала зерна к другой влияет на работу круга в целом. Прежде всего, это отражается на периоде стойкости инструмента. Круг, изготовленный из хромтитанистого электрокорунда 92А, имеет период стойкости в 1,7 раза больше, чем аналогичный круг из нормального электрокорунда 24А (рис. 2, 3). Легированный электрокорунд обладает большей износостойкостью, в связи, с чем круг дольше сохраняет свою работоспособность.

Повышение износостойкости абразивных зерен оказывает существенное влияние на интенсивность съема металла (Q_m) и износа круга (Q_a).

Из рисунков 2 и 3 видно, что в первую минуту работы кругов показатели Q_m и Q_a практически не различаются. Это говорит о примерно одинаковом микро-рельефе рабочей части кругов, сформированного правкой, как следствие режущие свойства кругов в первые моменты их работы одинаковы.



Рис. 1. Взаимосвязь параметров характеристики шлифовального круга с его эксплуатационными показателями

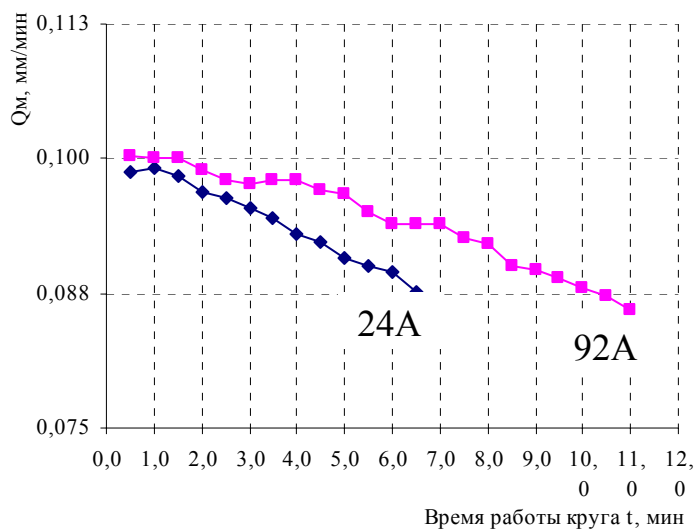


Рис. 2. Интенсивность съема металла (Q_m) при работе кругами из 24А и 92А

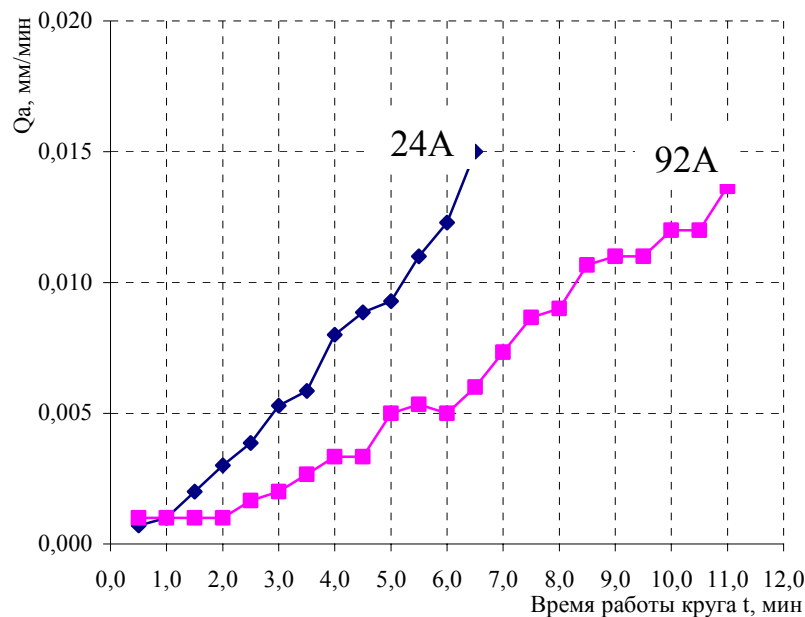


Рис. 3. Интенсивность износа (Q_a) кругов из 24А и 92А

К пятой минуте работы кругов различие составляет для Q_m — 1,06 раза, для показателя Q_a — 1,8 раз. На 6 мин 30 с работы кругов разница интенсивности съема металла и износа круга составляет 1,07 и 2,5 раза соответственно. Это говорит о переходе круга из 24А в область повышенного износа и затупления и необходимости его правки. За то же время круг из 92А находится в области эксплуатации, соответствующей нормальному режиму его работы — производительность упала всего на 6 %.

Таким образом, изменение марки материала зерна шлифовального круга с 24А на 92А привело к следующему:

существенному увеличению времени эффективной работы инструмента (с 6,5 до 11,5 мин — в 1,76 раза);

увеличению интенсивности съема металла в среднем в 1,03–1,05 раза;

снижению интенсивности износа круга примерно в 2–2,2 раза.

Изменение степени твердости круга. Известно, что увеличение твердости круга приводит к повышению сил шлифования. Сравним величины силы шлифования P_y при работе кругами твердостью СМ2 и С1 (рис. 4).

К первой минуте работы кругов величины составляющей силы шлифования P_y не различаются. Начиная с 1 минуты 30 секунд, появляется различие, которое к третьей минуте составляет 1,08 раза. Это вызвано окончанием периода приработки, когда выступающие на поверхности круга зерна удалены и в работу вступают зерна, прочно удерживаемые связкой и не имеющие разновысотности.

На 5,5 минуте силы шлифования P_y при работе кругом С1 в 1,34 раза больше, чем при работе кругом твердостью СМ2. Повышение силы шлифования при увеличении степени твердости круга объясняется тем, что при одинаковом процентном содержании зерен (48 %) круг твердостью С1 содержит большее объемное содержание связки, чем круг СМ2 (13 % против 11,5 %). Это увеличение проис-

ходит за счет сокращения объема пор круга — с 40,5 % до 39,0 %. Таким образом, круг твердостью С1 несколько плотнее, в связи с чем его рабочая поверхность быстрее засаливается, режущая способность падает и круг необходимо подвергнуть правке.

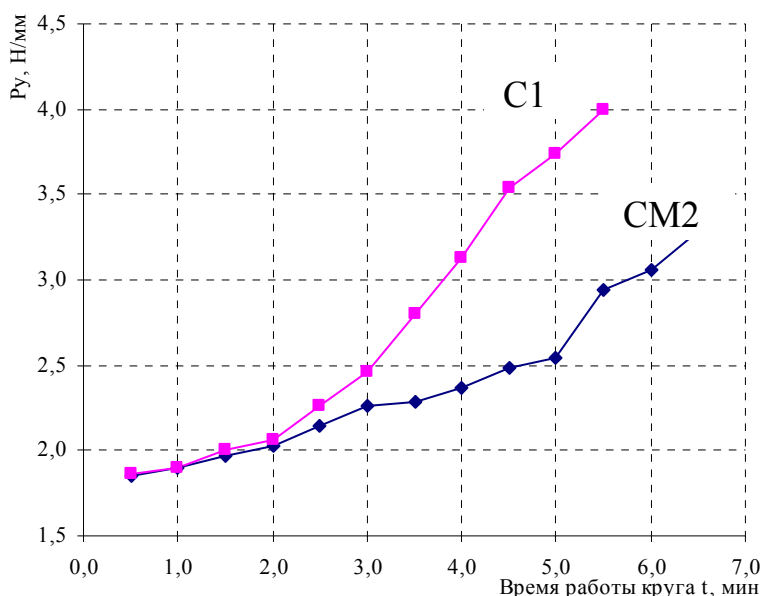


Рис. 4 Сила шлифования (P_y) при работе кругами СМ2 и С1

Изменение зернистости круга. Как известно, увеличение зернистости круга приводит к ухудшению шероховатости шлифованной поверхности. Это предположение подтверждается уже первую минуту работы кругов: шероховатость поверхности после работы кругом зернистостью 25Н в 1,1 раза лучше, чем после шлифования кругом зернистостью 40Н (рис. 5).

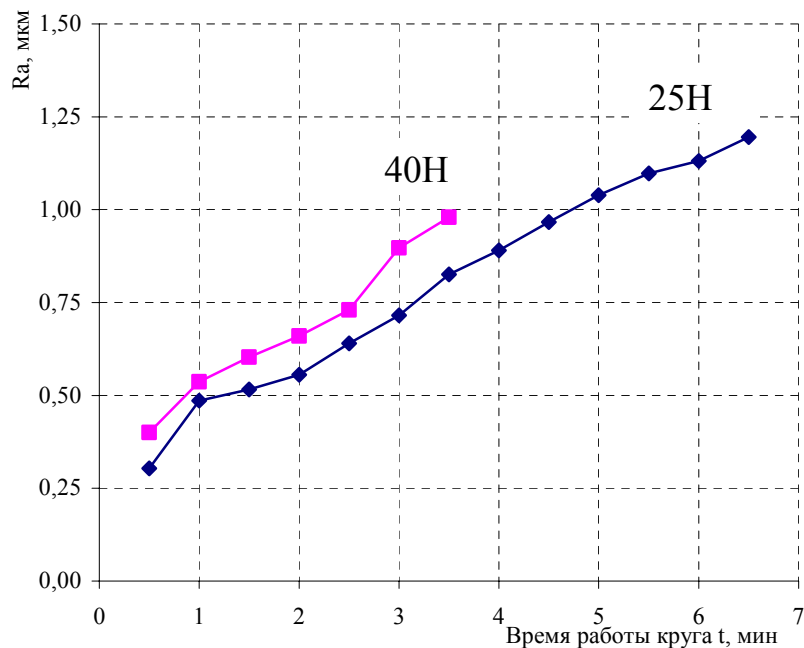


Рис. 5. Шероховатость шлифованной поверхности после работы кругами зернистостью 25Н и 40Н

Ко второй минуте работы круга зернистостью 25Н шероховатость поверхности составляет 0,72 мкм. За это же время круг зернистостью 40Н дает шероховатости 0,92 мкм. Различие составляет 1,27 раза. Примерно с такой разницей круги работают в течение всего периода стойкости, то есть изменение зернистости шлифовального однозначно влияет на получаемую шероховатость поверхности.

Таким образом, можно заключить, что технологический эксплуатационный паспорт шлифовального позволяет установить количественное изменение эксплуатационных показателей шлифовального круга в зависимости от изменения параметров его стандартной характеристики.

В настоящей работе установлено следующее:

— изменение марки материала зерна с 24А на 92А приводит к увеличению периода стойкости круга в 1,7 раза, а также интенсивности съема металла в 1,03–1,05 раза, с одновременным уменьшением интенсивности износа инструмента в 2–2,2 раза;

— при изменении зернистости круга с 25Н на 40Н шероховатость поверхности увеличивается в среднем в 1,27 раза;

— увеличение твердости на одну степень — с СМ2 до С1 увеличивает силу шлифования R_u в среднем в 1,2 раза.

•

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. — М.: Изд-во ЦБНТ при НИИ Труда, 1978. — Часть 3, издание 3-е. — 360 с.

2. Ардашев, Д.В. Оценка работоспособности шлифовального круга по комплексу эксплуатационных показателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ардашев Д.В. — Челябинск, 2005. — 20 с.

3. СТП 774–04–2004. Круги шлифовальные. Эксплуатационные показатели. — Челябинск: УралНИИАШ, 2004. — 33 с.

УРОВЕНЬ СТОХАСТИЧНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Д.В. Ардашев, А.А. Кошин

В настоящее время задача рациональной эксплуатации шлифовальных кругов является достаточно актуальной. Это вызвано, в первую очередь, быстрой и частой сменой номенклатуры обрабатываемых на шлифовальных станках деталей, а также отсутствием нормативной базы, позволяющей максимально эффективно использовать ресурс работоспособности инструмента — шлифовального круга. С 2001 года Уральским НИИ абразивов и шлифования совместно с кафедрой «Технология машиностроения» ЮУрГУ проводятся научно-исследовательские работы, направленные на рациональную эксплуатацию шлифовальных кругов кон-

кретных характеристик в изменяющихся технологических условиях. В результате этой работы был создан технологический эксплуатационный паспорт шлифовального круга, содержащий в себе сведения об эксплуатационных показателях инструмента в разных условиях его работы. Показатели работоспособности инструмента (1) являются функцией режима резания $v_{\text{Срад}}$ и времени работы инструмента t и измеряются в результате стендового испытания шлифовального круга [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_M = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — интенсивность износа круга, } \underline{\text{мм/мин}}; \\ Q_a = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — интенсивность съема металла, } \underline{\text{мм/мин}}; \\ P_y = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — радиальная составляющая силы шлифования, Н/мм}; \\ P_z = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — нормальная составляющая силы шлифования, Н/мм, (1)} \\ R_a = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — шероховатость поверхности без выхаживания, мкм}; \\ R_{\text{ад}} = f(v_{\text{Срад}}, t) \text{ — шероховатость поверхности после выхаживания, мкм.} \end{array} \right.$$

Наряду с эксплуатационными показателями круга в паспорте присутствует величина разброса эксплуатационных показателей [1, 2], заключающая в себе характеристику режущих свойств инструмента с точки зрения постоянства или стабильности показателей его работоспособности. Природа стохастического характера показателей процесса шлифования объясняется особенностями строения инструмента — шлифовального круга: случайное хаотичное расположение абразивных зерен, соединенных между собой связкой. Численно характеристика стохастичности показателей круга может представлять собой интервал $\pm 3\sigma$, рассчитываемый по результатам нескольких измерений величин эксплуатационных показателей.

После специальной статистической обработки — построения доверительного коридора для уравнения регрессии каждого эксплуатационного показателя шлифовального круга — рассчитывается величина доверительного коридора — разброс показателя. Получены характеристики стохастичности показателей для кругов следующих характеристик 24A25HSM27K, 24A16HSM27K, 24A25HC17K 14A25HSM27K, 92A25HSM27K (табл. 1) [3].

Таблица 1

Величины разброса эксплуатационных показателей шлифовальных кругов разных характеристик

№ п/п	Характеристика круга	Разброс показателя					
		P_y , Н/мм	P_z , Н/мм	R_a , мкм	$R_{\text{ад}}$, мкм	Q_M , мм/мин	Q_a , мм/мин
1	24A25HSM27K	$\pm 0,32$	$\pm 0,016$	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$	$\pm 0,003$	$\pm 0,001$
2	24A16HSM27K	$\pm 0,41$	$\pm 0,014$	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	$\pm 0,002$	$\pm 0,001$
3	24A25HC17K	$\pm 0,50$	$\pm 0,017$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$
4	14A25HSM27K	$\pm 0,53$	$\pm 0,012$	$\pm 0,09$	$\pm 0,05$	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$
5	92A25HSM27K	$\pm 0,33$	$\pm 0,014$	$\pm 0,08$	$\pm 0,06$	$\pm 0,006$	$\pm 0,002$

Анализируя уровень стохастичности эксплуатационных показателей шлифовальных кругов приведенных характеристик можно заключить, что параметры стандартной характеристики круга — в данном случае марка материала зерна, зернистость, степень твердости круга — оказывают существенное влияние на стабильность выходных показателей процесса шлифования. В то же время изменение марки материала зерна не повлияло на стабильность показателя интенсивность износа круга Q_a , а увеличение твердости инструмента на одну степень не отразилось на постоянстве обеспечиваемой кругом шероховатости поверхности.

Из рассмотренных кругов наиболее стабильным в плане эксплуатации является круг № 1 — доверительные коридоры его эксплуатационных показателей меньше по сравнению с другими представленными кругами.

Наиболее нестабильный круг — круг с наибольшим разбросом эксплуатационных показателей — выделить нельзя. На показателях составляющих силы шлифования круг № 5 имеет наименьшие величины разброса показателей, однако по показателям шероховатости и интенсивности съема металла и износа круга является самым нестабильным. В то же время круг № 3 имеет наименьшие величины доверительных коридоров по показателям шероховатости и интенсивности съема металла и износа круга обеспечивая при этом наибольшую стохастичность по показателям составляющих силы шлифования P_y и P_z .

Таким образом, случайный контакт абразивных зерен шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью и хаотичное удаление металла с заготовки отражаются на выходных показателях обработки — точности, шероховатости, производительности, расходе инструмента — в виде семейства значений в каждый момент времени работы круга. Чем больше область корреляционного поля по всему времени работы круга, тем менее круг стабилен в своих эксплуатационных показателях. Величина самого поля разброса показателей определяется на этапе изготовления инструмента и напрямую зависит от применяемого сырья и соблюдения технологического регламента.

Разброс эксплуатационных показателей, приведенных в табл. 1, представляет собой абсолютные величины, выраженные в единицах измерения самого показателя. Однако существует статистический относительный показатель — коэффициент ковариации k , характеризующий соотношение разброса величины эксплуатационного показателя и его среднего значения [4]:

$$k = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где σ — среднеквадратичное отклонение показателя; \bar{x} — среднее значение показателя.

В таблице 2 приведены коэффициенты ковариации для эксплуатационных показателей шлифовальных кругов. Относительная характеристика разброса хорошо коррелирует с абсолютной оценкой. С помощью относительной оценки стохастичности можно сделать вывод о постоянстве значений эксплуатационных показателей инструмента, то есть о приближенности эксплуатационных показателей к средней величине.

Коэффициент ковариации эксплуатационных показателей
шлифовальных кругов разных характеристик

№ п/п	Характеристика круга	Коэффициент ковариации k для показателя					
		R _y , Н/мм	R _z , Н/мм	R _a , мкм	R _{ад} , мкм	Q _м , мм/мин	Q _а , мм/мин
1	24A25НСМ27К	3,6	5,8	1,4	1,8	0,6	7,3
2	24A16НСМ27К	4,0	5,3	1,3	1,5	0,6	8,5
3	24A25НС17К	5,3	7,1	1,7	1,5	0,3	9,2
4	14A25НСМ27К	6,6	2,6	2,5	2,0	0,4	9,0
5	92A25НСМ27К	2,6	6,7	2,7	2,4	0,4	7,9

Количественная характеристика степени разброса эксплуатационных показателей шлифовальных кругов позволяет оценить уровень стохастичности процесса. Оценка работоспособности шлифовальных кругов не только по средним величинам эксплуатационных показателей, но и с помощью абсолютной либо относительной оценки стохастичности показателей работоспособности инструментов — по величине разброса показателей — является предпосылкой создания системы сертификации шлифовальных кругов с точки зрения их прямого назначения — эффективной эксплуатации. На основе такой системы возможно установление критериев качества изготовления кругов. Разработка критериев оценки качества инструмента по величине разброса показателей — определение допустимой величины доверительного коридора для конкретных позиций шлифовальных кругов — является задачей наработки статистических данных по уровню стохастичности эксплуатационных показателей инструментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ардашев, Д.В. Оценка работоспособности шлифовального круга по комплексу эксплуатационных показателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ардашев Д.В. — Челябинск, 2005. — 20 с.
2. Кошин, А.А. Вероятностная оценка эксплуатационных показателей шлифовальных кругов / А.А. Кошин, Д.В. Ардашев // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — С. 149 – 156 .
3. СТП 774–04–2004. Круги шлифовальные. Эксплуатационные показатели. — Челябинск: УралНИИАШ, 2004. — 33 с.
4. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль / Р. Шторм. — М.: Изд-во «Мир», 1970. — 368 с.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ НОРМАТИВНОЙ МЕТОДИКИ ПРОЦЕССОВ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

А.А. Кошин, Н.С. Сазонова

Традиционные нормативы, в том числе общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания, построенные на базе видов механической обработки, разрабатывались и были ориентированы на ручную работу технолога с ними.

Если взять такие нормативы за основу при разработке системы автоматизированного нормирования, то напрямую переложить «бумажную» методику нормирования в алгоритмы сложно, поскольку сама нормативная методика не является строго алгоритмичной. Любой нормативный справочник содержит множество различных таблиц и некую текстовую информацию, как этими таблицами пользоваться, т.е. в каком порядке выбирать данные из таблиц.

Информация, которая содержится в таблицах нормативного справочника, может послужить основой для создания информационного обеспечения создаваемой автоматизированной системы нормирования, а именно его нормативной составляющей.

Для обеспечения нормальной работы автоматизированной системы нормирования, ее информационное обеспечение должно содержать две категории информации: нормативную базу и данные обо всем имеющемся на предприятии оборудовании, оснастке, инструменте и т.п., названную вспомогательной базой.

Нормативная база — это компьютерное представление общемашиностроительных нормативов.

Вспомогательная база — это паспорта станков, технические характеристики режущего, измерительного и вспомогательного инструмента, марочки обрабатываемых и режущих материалов и т.д.

Требования, предъявляемые к этим двум частям информационного обеспечения, принципиально различны. Вспомогательная база индивидуальна для каждого предприятия, и поэтому при разработке системы необходимо предусмотреть максимально удобную адаптацию этих данных к условиям конкретного машиностроительного предприятия. Причем адаптация должна производиться силами пользователей системы. Нормативная база, наоборот, должна быть максимально защищена от несанкционированного доступа, чтобы гарантировать ее сохранность и идентичность на любом предприятии [3].

Для реализации принципа закрытости блока базы данных, содержащего нормативную информацию в разрабатываемой системе автоматизированного нормирования предлагается двухуровневая структура информационного обеспечения: отдельная база данных для хранения и выбора информации о средствах технологического оснащения; и отдельный программный модуль для хранения и выбора нормативной информации.

Нормативные карты, как правило, содержат различные по структуре таблицы: односторонние (вектор решений), двусторонние, сдвоенные (например, таблица выбора скорости и радиальной подачи), таблицы-номограммы (например, таблицы выбора мощности шлифования) [4].

Анализ структуры карт нормативов времени и режимов резания показал, что большинство таблиц устроены таким образом, что являются наиболее близкими к классическим таблицам решений (двух- или односторонним), которые читаются инвариантными алгоритмами. Поэтому для реализации нормативных карт в компьютерное приложение все таблицы были приведены к каноническому виду матричных таблиц решений в виде граф-дерева, а для их чтения разработан специальный программный модуль чтения таблицы решений. То есть, представление нормативной базы средствами специального модуля естественным путем решает вопрос защищенности базы от несанкционированного доступа.

Второй уровень информационного обеспечения, а именно блок информации о средствах технологического оснащения, наоборот, должен быть максимально открытым и прозрачным для пользователя – технолога или нормировщика. Кроме того, информационное обеспечение по технологическому оснащению должно быть легко адаптируемым под условия конкретного производства с возможностью пополнения или удаления части информации и создания новых объектов (таблиц или запросов). Проведенный анализ показал, что наиболее приемлемой инвариантной формой представления всей справочной информации (системные паспорта станков, перечень СОЖ, таблицы-кодификаторы обрабатываемых и режущих материалов) является реляционная таблица. На большинстве предприятий эти данные, как правило, в том или ином виде есть, и чаще всего – именно в виде таких таблиц, которые создаются средствами различных систем управления базами данных. Поэтому реализация вспомогательного информационного обеспечения в виде реляционных таблиц делает его полностью адаптируемым, так как таблицы могут создаваться, изменяться и дополняться средствами любой системы управления базой данных.

В конце прошлого века задача создания автоматизированных систем нормирования уже решалась: были разработаны «Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках, с применением автоматизированной системы технического нормирования. ППП ТАО» (1985 год) и «Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования и проектирования операций, выполняемых на металлорежущих станках (ППП НОРМА), для крупносерийного и среднесерийного производства» (1988-1990 годы) [1, 2].

На современном этапе эти системы считаются устаревшими не только потому что устарели инструментальные и программные средства в которых они создавались, но и принципы, положенные в основу их алгоритмического обеспечения.

Поскольку создаваемая в настоящее время система автоматизированного нормирования может быть в дальнейшем встроена любую САПР, а в САПР основной единицей проектирования выступает технологический переход, то этот факт определил, что в качестве основной единицы проектирования в создаваемой системе также выступает технологический переход.

То есть существующая нормативная методика должна быть пересмотрена относительно состава основных единиц проектирования.

В пакете НОРМА в качестве основной единицы проектирования уже рассматривался технологический переход. Поскольку количество технологических переходов, включенных в эту системы достаточно велико, для их структуризации составлен классификатор. Традиционно классификаторы в технологической литературе строятся по принципу многоуровневого граф-дерева. Каждому переходу поставлен в соответствие так называемый код-трасса, который формируется путем последовательного прохождения уровней классификации, фиксируя принятые на каждом уровне значения.

Такой код описывает, что обрабатывать и чем, но не содержит никакой информации, как проектировать переход. Все правила проектирования этого перехода заносятся в проектирующие алгоритмы и представляют собой их суть.

При помощи кодов производится формализация проектных процедур, так как они используются в качестве ключевых реквизитов во всех проектирующих алгоритмах. Однако, как раз этот факт приводит к тому, что адаптация системы по основным единицам проектирования к условиям конкретного предприятия намного усложняется. Это происходит потому, что, с одной стороны, коды не являются объективной характеристикой переходов; а с другой стороны, код, являясь идентификатором перехода, работает в качестве ключевого реквизита во всех проектирующих алгоритмах. В итоге, код упоминается в алгоритмах неоднократно, и это упоминание может оказаться в любом месте длинной цепи проектирующих алгоритмов.

В этом случае, при адаптации системы по основным единицам проектирования (удаление ненужных переходов или добавление новых) необходимо отыскать в длинной цепи проектирующих алгоритмов все указания на коды рассматриваемого перехода, что для специалиста, который не является разработчиком системы является практически не разрешимой задачей.

Для обеспечения адаптируемости системы по основным единицам проектирования необходимо изменить принципы построения ее алгоритмического обеспечения.

В качестве идентификатора технологического перехода в разрабатываемой системе автоматизированного нормирования, в отличие от кода-трассы, используется **командная строка**, которая содержит правила, по которым надо проектировать конкретный переход. То есть, командная строка фактически является объективной характеристикой перехода [3].

Концепция «командных строк» позволяет трансформировать нормативную методику к компьютерному приложению и обеспечить удобство и простоту адаптации системы к условиям конкретного предприятия, так как реализуется возможность проектирования любого технологического перехода, который может встретиться на предприятии.

Каждая командная строка представляет собой набор команд-ссылок на подмодули (локальные алгоритмы) для поиска определенного параметра (например, подмодуль для определения скорости стола при плоском шлифовании на станках с прямоугольным столом). Полный комплекс локальных алгоритмов описывает весь порядок работы с определенной единицей проектирования. То есть, команд-

ная строка — это последовательность номеров алгоритмов, по которым нужно вести проектирование соответствующего перехода.

Поскольку командная строка формируется индивидуально для каждого технологического перехода, - она позволяет учитывать все его особенности.

Особенностью «ручной» методики нормирования является наличие таблиц поправочных коэффициентов, учитывающих факторы, не являющиеся параметрами, например, поправочный коэффициент в зависимости от способа шлифования и метода контроля размера. С другой стороны, для одного и того же вида обработки, выделена обработка с ручной и автоматической подачей.

Для исключения подобных факторов при автоматизированном нормировании разработан классификатор технологических переходов, учитывающий все перечисленные варианты обработки. Данный классификатор построен таким образом, что факторы, не являющиеся параметрами вынесены в его заголовки.

Таким образом, предлагаемый классификатор технологических переходов не зависит от количества и порядка следования уровней классификации, и для каждого классифицируемого перехода содержит объективную, полную характеристику о правилах его проектирования.

Например, в методике плоского шлифования периферией круга на станках с прямоугольным столом выделены следующие переходы (табл. 1):

Таблица 1

Фрагмент кодификатора технологических переходов для шлифования периферией круга на станках с прямоугольным и круглым столом

Форма стола	Вид подачи	Способ контроля	Код перехода	Наименование перехода
1	2	3	4	5
Прямоугольный	Ручная	Ручное измерение	1.01.01	Шлифование на прямоугольном столе с ручной подачей и ручным измерением
		Накидная индикаторная скоба	1.01.02	Шлифование на прямоугольном столе с ручной подачей и измерением накидной индикаторной скобой
		Активный контроль	1.01.03	Шлифование на прямоугольном столе с ручной подачей и применением активного контроля
	Автоматическая	Активный контроль	1.02.01	Шлифование на прямоугольном столе с автоматической подачей и применением активного контроля
Круглый	Ручная	Ручное измерение	2.01.01	Шлифование на круглом столе с ручной подачей и ручным измерением
	Автоматическая	Активный контроль	2.02.03	Шлифование на круглом столе с автоматической подачей и применением активного контроля

Для хранения информации о проектируемых переходах создается единое поле данных, которое является основным информационным объектом, объединяющим работу всех локальных алгоритмов. Поле данных представляет собой набор строк, каждая из которых предназначена для хранения всей информации о конкретном переходе.

Вся нормативная методика подразделяется на этапы проектирования, а они — в свою очередь, на локальные алгоритмы, но для корректной работы системы оказалось необходимым кроме алгоритмов, напрямую обрабатывающих нормативную методику, дополнительно разработать алгоритмы, получившие название вспомогательных.

Задача, решаемая вспомогательными алгоритмами, заключается в ликвидации пробелов в нормативной методике. Такие пробелы возникают в нормативной методике, когда рассчитанные по нормативам данные необходимо скорректировать по технологическим возможностям системы. Указанные алгоритмические пробелы имеют место:

- при коррекции расчетной подачи по имеющейся на станке;
- при коррекции расчетной частоты вращения по возможностям станка;
- при проверке полученных режимов по мощности станка;
- при определении бесприжоговых режимов обработки.

В существующих нормативах для подобных случаев присутствуют либо текстовые рекомендации, либо рекомендации вообще отсутствуют, и принятие решения по этому вопросу отдается на откуп технологу или нормировщику.

В частности, при проверке полученных режимов по мощности станка, имеется указание, что если мощность, необходимая на резание превышает мощность станка, то необходимо снизить режимы, но каким образом это сделать, — ничего не сказано.

Что касается рекомендаций по бесприжоговой обработке, то они имеются для круглого наружного шлифования, для внутреннего шлифования и для плоского шлифования периферией круга; для всех же остальных видов обработки нет никаких рекомендаций, но и те, что есть, не учитывают и половины факторов.

Для комплексной проработки алгоритмического обеспечения системы необходимо разработать названные рекомендации путем доработки теории процессов абразивной обработки и реализовать их в алгоритмах.

Таким образом, алгоритмическое обеспечение системы состоит из двух типов алгоритмов:

- базовые алгоритмы по прямой отработке нормативной методики;
- вспомогательные алгоритмы по проверке и коррекции полученных результатов.

Для последовательной отработки всех элементов командной строки (локальных алгоритмов) разрабатывается резидентный алгоритм, который осуществляет выполнение цепочки проектных процедур. Он управляет процессом обращения к локальным алгоритмам и их выполнения.

Резидентный алгоритм, таким образом, управляет процессом вызова нужного локального алгоритма, указанного в командной строке, считывает необходимую информацию из поля данных и, после отработки локального алгоритма, обеспечивает запись полученной информации в указанную зону этого же поля данных. То есть, резидентный алгоритм является абсолютно инвариантным относительно состава основных единиц проектирования – технологических переходов. Это обеспечивает удобство и простоту адаптации системы к условиям конкретного предприятия

Таким образом, разрабатываемое алгоритмическое обеспечение системы автоматизированного нормирования операций абразивной обработки строится на базе командных строк; имеет в своем составе алгоритмы двух типов: базовые, напрямую обрабатывающие нормативную методiku, и вспомогательные (алгоритмы по контролю/коррекции по технологическим возможностям системы); содержит два уровня: локальные алгоритмы, решающие элементарные задачи, и работающий на едином поле данных резидентный алгоритм, который руководит выполнением локальных алгоритмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках, с применением автоматизированной системы технического нормирования / Пакет прикладных программ ТАО: СМ ЭВМ. — М.: ЦБНТ, 1985. — 207 с.
2. Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования и проектирования операций, выполняемых на металлорежущих станках / Пакет прикладных программ «Норма-1»: руководство по эксплуатации. — М.: Экономика, 1990. — Ч.1. — 61 с.
3. Кошин, А.А. Теория точности и оптимизация многоинструментной токарной обработки: дис. ... докт. техн. наук / А.А. Кошин. — Челябинск, 1997. — 290 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках. — М: НИИ Труда, 2003. — 420 с.

УНИФИЦИРОВАННАЯ КОМАНДНАЯ СТРОКА ДЛЯ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НОРМИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

А.А. Кошин, Н.С. Сазонова

Целесообразность разработки единой компьютерной системы нормирования общемашиностроительного применения обусловлена наличием Общемашиностроительных нормативов времени и режимов резания.

В настоящее время ведется разработка новой системы автоматизированного нормирования (САН) операций абразивной обработки общемашиностроительного назначения, которая представляет собой современную реализацию ППП ТАО и блока операций абразивной обработки ППП НОРМА, ориентированную на ПК класса IBM Pentium и современные технологии программирования. Кроме того, необходимость разработки новой версии САН операций абразивной обработки обоснована тем, что ППП ТАО включал 28 видов работ; в то время как современные нормативы включают 45 видов [4].

Предполагаемый статус разрабатываемой САН — Общемашиностроительные нормативы (компьютерная реализация), т. е. Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования (ОМСАН). Такой статус обуславливает массовое внедрение САН на машиностроительных предприятиях РФ.

Основой любой системы нормирования должна являться классификация основных единиц проектирования.

В традиционных нормативах, в том числе и в общемашиностроительных нормативах времени и режимов резания за основную единицу нормирования принят вид обработки.

Но один и тот же вид обработки может быть реализован различными технологическими переходами, отличающимися различными вариантами расположения обрабатываемой поверхности, наличием, либо отсутствием дополнительных поверхностей, направлениями подачи и скоростей резания.

Например, вид обработки — шлифование наружной цилиндрической поверхности с радиальной подачей охватывает следующие виды переходов: шлифование с радиальной подачей открытой цилиндрической поверхности, цилиндрической поверхности, ограниченной галтелью или торцом с одной стороны, цилиндрической поверхности, ограниченной галтелью или торцом с двух сторон и шлифование шлицевой (прерывистой) поверхности.

Таким образом, в качестве основной классификационной единицы, как и в пакетах ТАО и «Норма», принимается технологический переход.

В соответствии с вышесказанным, 45 видов работ, содержащихся в нормативах, трансформировались в 67 технологических переходов.

Разработка системы автоматизированного нормирования, предназначенной для широкого внедрения в промышленность, требует, чтобы была обеспечена возможность проектирования любого технологического перехода, который может встретиться на предприятии. Попытка создания всеобъемлющей САПР приводит к увеличению объемов системы, ее громоздкости, так как большая часть переходов на конкретном предприятии оказывается невостребованной, причем невостребованными на разных предприятиях оказываются разные переходы. Таким образом, необходимо обеспечить возможность адаптации САПР по основным единицам проектирования, по проектирующим алгоритмам. Для обеспечения адаптируемости САПР по основным единицам проектирования предложено изменить принципы построения ее алгоритмического обеспечения. Предлагается в качестве

идентификатора технологического перехода вместо традиционного кода-трассы использовать **командную строку** [3].

Код-трасса описывает, что обрабатывать и чем, но не содержит никакой информации, как проектировать это переход. Все правила проектирования конкретного перехода при таком подходе записываются в проектирующие алгоритмы и представляют собой их суть. **Командная строка**, напротив, содержит правила, по которым надо проектировать конкретный переход. То есть, командная строка является фактически объективной характеристикой перехода, так как она не зависит от того, каким путем по уровням классификации мы приходим к переходу.

То есть командная строка представляет собой последовательность номеров или меток алгоритмов, по которым надо вести проектирование данного перехода.

Командная строка со звеньями, решающими элементарные задачи, позволяет легко проводить адаптацию системы. Так как можно удалить, исправить или заменить один из алгоритмов, не затрагивая остальных.

Структура командной строки состоит из ряда зон; каждая зона содержит одну или несколько ячеек. Каждая ячейка включает в себя один локальный алгоритм, который решает одну элементарную задачу.

Для различных видов обработки структура командной строки может иметь свои особенности, однако общие принципы ее формирования остаются неизменными.

Так для переходов абразивной обработки командная строка будет содержать три зоны: зону выбора материала шлифовального круга и его характеристик, зону расчета режимов резания и коррекции их по станку и зону нормирования (определение основного времени).

Например, командная строка для переходов внутреннего шлифования цилиндрической поверхности будет иметь вид:

Mi Zi Ai Ei Ui Ci Hi Vi Ki Ri Si Li Ji Ni Wi Ti .

Данная командная строка содержит три зоны.

1. Зона выбора характеристики шлифовального круга включает следующие ячейки:

- Mi — выбор шлифовального материала;
- Zi — определение зернистости круга;
- Ai — определение твердости круга;
- Ei — определение структуры круга;
- Ui — определения связки круга.

2. Зона расчета режимов резания включает следующие ячейки:

- Ci — определение частоты вращения заготовки;
- Hi — определение скорости вращения заготовки;
- Vi — определение скорости осевой подачи;
- Ki — выбор поправочных коэффициентов на скорость;
- Ri — расчет скорости осевой подачи с учетом поправочных коэффициентов;
- Si — выбор подачи на двойной ход;
- Li — выбор поправочных коэффициентов на подачу;

- J_i — расчет и коррекции подачи с учетом поправочных коэффициентов;
- N_i — определение, проверка и коррекция мощности, потребной на шлифование;
- W_i — определение, проверка, коррекция удельной мощности для бесприжоговой работы по закаленным сталям.

3. Зона нормирования содержит ячейку:

- T_i — определение основного времени.

Последовательность элементов командной строки обусловлена последовательностью проектирования технологического перехода по нормативным картам. То есть, сначала выбирается режущий инструмент, затем определяются режимы резания, и рассчитывается основное время. При выборе инструмента сначала необходимо определить шлифовальный материал. Эту задачу выполняет ячейка M_i . Далее необходимо найти зернистость круга. Эту задачу решает ячейка Z_i . Затем определяется твердость круга. Это задача ячейки A_i . В ячейке E_i определяется структура круга. Далее выбирается связка круга. Это задача ячейки U_i . На этом выбор характеристик режущего инструмента заканчивается. Второй этап — определение режимов резания. Сначала определяется частота вращения заготовки. Эту задачу решает ячейка C_i . И так далее до расчета основного времени.

При этом адрес каждой ячейки должен соответствовать обозначению локального алгоритма, который выполняет соответствующую задачу. Различие исходных условий выполнения локальных алгоритмов реализуется путем присвоения ячейке (и, соответственно, локальным алгоритмам) порядковых номеров.

Например, командная строка для перехода «Шлифование цилиндрической поверхности при радиальной подаче с активным контролем размера» будут выглядеть следующим образом:

M1.1 M1.2 Z1 A1 E1 U1 C1.1 C1.2 H1 V1 K1.1 K1.2.1 R1 S1 L1.1 L1.2 L1.3 L1.5 L1.6 L1.7 J1.1 J1.2 N1.1 N1.2 N1.3 W1.1 W1.2 T3.

Переход «Шлифование цилиндрической поверхности при осевой подаче с активным контролем размера» реализуется следующей командной строкой:

M1.1 M1.2 Z1 A1 E1 U1 C1.1 C1.2 H1 V1 K1.1 K1.2.1 K1.2 R2 S1 L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L1.6 L1.7 J1.1 J1.2 N1.1 N1.2 N1.3 W1.1 W1.2 T3.

А переходу «Шлифование шлицевой (прерывистой) поверхности при осевой подаче с активным контролем размера» в соответствие поставлена командная строка:

M1.1 M1.2 Z1 A1 E1 U1 C1.1 C1.2 H1 V1 K1.1 K1.2.1 K1.2 R2 S1 L1.1 L1.2 L1.3 L2.4 L1.6 L1.7 J1.1 J1.2 N1.1 N1.2 N1.3 W1.1 W1.2 T3.

Данные командные строки различаются теми номерами ячеек, где для определения параметров перехода используются различные локальные алгоритмы.

Например, определение скорости осевой подачи для первой командной строки осуществляется по локальному алгоритму R1; а для второй и третьей командных строк — по алгоритму R2. Поправочные коэффициенты на подачу для первой командной строки находятся при помощи локальных алгоритмов L1.1 L1.2 L1.3 L1.5 L1.6 L1.7; для второй командной строки — при помощи алгоритмов L1.1 L1.2 L1.3 L1.4 L1.6 L1.7; а для третьей — L1.1 L1.2 L1.3 L2.4 L1.6 L1.7.

Внедрение САПР на разных предприятиях показало большое разнообразие в организации технологического проектирования. На производстве реальна схема, когда одну операцию проектируют несколько проектировщиков, причем каждый решает свою часть проектных задач. Поэтому для широкой внедряемости САПР необходимо обеспечить **многопользовательский режим более высокого уровня** — работу нескольких пользователей с одной задачей и одним набором исходных данных с согласованием результатов работы всех пользователей. Для решения этой задачи предлагается два уровня алгоритмов в алгоритмическом обеспечении САПР. Для реализации отработки каждого элемента командной строки разрабатываются локальные алгоритмы, каждый из которых решает отдельную, маленькую задачу; путем обращения к определенной формуле или таблице. А для управления процессом обращения к локальным алгоритмам и их отработки, в соответствии с командной строкой, предусматривается **резидентный алгоритм**, который осуществляет выполнение цепочки проектных процедур.

Для работы резидентного алгоритма создается **единое поле данных**, которое является основным информационным объектом, объединяющим работу всех локальных алгоритмов. Поле данных представляет собой набор строк, каждая из которых предназначена для хранения всей информации о конкретном переходе.

Строка единого поля содержит ряд зон, каждая из которых предназначена для записи и хранения определенной информации: адреса перехода, командной строки, параметров перехода (размеры обрабатываемой поверхности, шероховатость и т.д.). Затем следуют зоны, куда записываются результаты отработки проектирующих алгоритмов: величины подач, скоростей, поправочных коэффициентов, времен. Работа всех проектирующих алгоритмов организуется через это поле данных. Каждый локальный проектирующий алгоритм берет нужную информацию из соответствующей части строки поля данных, а результаты отработки алгоритма заносятся в предусмотренное заранее место этой же строки поля данных (в соответствующую зону).

После окончания отработки всех элементов (локальных алгоритмов) командной строки результаты будут записаны в соответствующие места строки единого поля данных, откуда затем могут быть сохранены в личном архиве технолога, или использованы для формирования выходных документов — маршрутных или операционных карт технологического процесса, нормировочных карт, ведомостей материалов, оснастки, инструментов и др.

Таким образом, резидентный алгоритм является абсолютно инвариантным относительно состава основных единиц проектирования — технологических переходов. Это позволяет удалять из системы ненужные переходы или вносить новые.

Итак, использование командных строк и инвариантного резидентного алгоритма на едином поле данных обеспечивают фактически адаптируемость системы автоматизированного нормирования по проектирующим алгоритмам к условиям любого предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках, с применением автоматизированной системы технического нормирования / Пакет прикладных программ ТАО: СМ ЭВМ. — М.: ЦБНТ, 1985. — 207 с.
2. Общемашиностроительная система автоматизированного нормирования и проектирования операций, выполняемых на металлорежущих станках / Пакет прикладных программ «Норма-1»: руководство по эксплуатации. — М.: Экономика, 1990. — Ч.1. — 61 с.
3. Кошин, А.А. Теория точности и оптимизация многоинструментной токарной обработки: дис. ... докт. техн. наук / А.А. Кошин. — Челябинск, 1997. — 290 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках. — М: НИИ Труда, 2003. — 420 с.

ТИПОВЫЕ НОРМЫ НА РЕМОНТНЫЕ ТЕХПРОЦЕССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Кошин, Н.С. Сазонова

Практически все агрегаты, механизмы, отдельные детали в течение их эксплуатации подвергаются ремонтам и восстановлению, на что затрачиваются значительные трудовые и материальные ресурсы. Поэтому в настоящее время в промышленности широко внедряются прогрессивные методы ремонтно-восстановительных работ.

Радикальным направлением в технологии профилактики износа и ремонта деталей машин является применение полимерных материалов, эффективное использование которых позволяет значительно снизить трудоемкость ремонта, что обусловлено следующими особенностями их использования [1]:

1. Технологии с использованием полимерных материалов не требуют сложного оборудования и высокой квалификации рабочих.
2. При использовании полимерных материалов появляется возможность производить ремонт на месте выхода из строя узлов и агрегатов.
3. Использование полимерных материалов во многих случаях позволяет не только заменить сварку или наплавку, но и производить ремонт таких деталей, которые другими известными способами отремонтировать невозможно или опасно с точки зрения безопасности труда.
4. Применение полимерных материалов позволяет восстановить детали, минуя сложные технологические процессы нанесения материала и его обработку.

В последние годы обширное применение в различных отраслях промышленности при ремонте оборудования находят полимерные материалы, представляющие собой различные клеевые соединения на основе эпоксидных смол, полиэфиров, полиуретанов, полиакрилов и других наполнителей.

Наиболее широко при ремонте используют анаэробные полимеры и композиционные материалы (так называемые ПКМ — полимерно-композитные материалы). Преимуществом ПКМ является простота их применения, так как они представляют собой пастообразный или жидкий продукт. Как правило, ПКМ является 2-х компонентным (база и отвердитель), что обеспечивает адгезию ПКМ практически с любыми металлами, пластмассами, деревом, керамикой, резиной и стеклом. Далее происходит полимеризация, не требуя дополнительных условий — нагрева, создания давления, после чего ПКМ приобретают конечные свойства. Уже после полимеризации ПКМ может подвергаться какой-либо механической обработке (точению, шлифованию и т.д.) [2].

На мировом рынке насчитывается около 400 различных марок ремонтных ПКМ. Отечественные промышленные ремонтные ПКМ в широком ассортименте представлены фирмами "Лео", "Проматэкс", "Полимет", "Прогресс-инвест", "Десан", "Мосинтраст". Зарубежные ПКМ представлены фирмами "Belzona", "Devcon", "Loctite", "Uniper", "MultiMetall", "Diamant". ПКМ перечисленных выше фирм нашли широкое применение в ремонтных работах.

Опыт работы предприятий, проводящих ремонты оборудования с применением ПКМ, позволил сформировать набор типовых технологических процессов для часто встречающихся ремонтных задач. К таковым можно отнести ремонт шейки вала, ремонт аварийно разрушенных корпусных деталей, посадочного места под подшипник в корпусе и т.п..

Особенность проектирования ремонтных технологических процессов заключается в том, что невозможно заранее определить затрачиваемой трудоемкости работ при выполнении ремонта. В первую очередь это связано с тем, что практически любой ремонт является индивидуальным, и, следовательно, единичным в своем роде. Невозможно определить полный перечень дефектов. При проведении ремонта выявляются дефекты, не обнаруженные при составлении дефектной ведомости. Например, при определении границы распространения трещины практически всегда при её разделке либо очистке (зачистке) около лежащих зон выявляются несоответствие размеров распределения реальных и указанных в дефектной ведомости.

В результате этого при проектировании ремонтов составляется планируемое количество объема работ (сметная калькуляция), а при сдаче реальная калькуляция (акт выполненных работ и акт затраченных материалов). Таким образом, нормирование в ремонтном производстве двухуровневое.

Сметная калькуляция производится укрупненно в денежных единицах. Второй уровень — фактические затраты — требует большей точности. Поэтому трудозатраты приходится определять сначала во временных единицах, а затем переводить их в денежные, так как в ремонтном производстве определение итоговых затрат всегда ведется в денежных единицах. Причем на этом уровне применяется укрупненное нормирование по неполному штучному времени, характерное для единичного производства, каковым и является ремонтное производство.

Иногда при ремонте очень дорогих и уникальных деталей применяется и элементное нормирование. Обычно это происходит только в исключительных случаях, но при ремонте с использованием ПКМ такие ситуации встречаются достаточно часто. Полимерные материалы достаточно дороги, поэтому применяют их в ремонте деталей, которые сложно или даже невозможно изготовить или приобрести.

Особенность нормирования ремонтных техпроцессов состоит не только в наличии двух основных уровней нормирования, но и в отсутствии нормативной базы, разработанной для условий ремонтного производства. Если на сметное нормирование существует большое количество отраслевых стандартов (Прейскурант, ЕН и Р), ориентированных на ремонтное производство, то на укрупненное нормирование по неполному штучному времени есть только общемашиностроительные укрупненные нормативы для обычного производства.

С другой стороны существуют нормативы которые могли бы послужить аналогом для разработки типовых норм времени на ремонтные техпроцессы, состав и структура которых близки разрабатываемым (например, «Общемашиностроительные типовые нормы времени на изготовление вспомогательного инструмента», а также «Типовые укрупненные нормы времени на работы по ремонту токарных автоматов и полуавтоматов») [3, 4].

Анализ множества ремонтных технологических процессов на базе ПКМ, проведенных на различных предприятиях показал, что они имеют схожую структуру и включают следующие виды работ: разборка узлов; дефектация деталей (визуальная и метрическая); проектирование технологии ремонта; ознакомление с запросом; составление сметной документации; выбор ПКМ; очистка деталей от различных включений (ручная и механизированная); выборка шлифовальными машинками (как объектов ремонта, так и при изготовлении оснастки); обезжиривание (химическое и механическое); обжигание поверхностей; армирование поверхностей; нагрев поверхностей; обдувка поверхностей; сушка поверхностей; дозирование компонентов ПКМ; приготовление рабочей смеси ПКМ; нанесение ПКМ (ручное и механизированное); формообразование из ПКМ; время для полимеризации слоев ПКМ; механическая обработка поверхностей из ПКМ сборка узлов.

Весь объем выделенных видов работ можно разделить на шесть этапов.

Первый этап — **слесарный**. Разборка узла (агрегат) и удаление грязи, масла и различных включений на поверхностях износа, а также на прилегающих к ним плоскостях. Непосредственно за этим этапом следует дефектация деталей и поверхностей.

Второй этап — **предварительная механообработка**. С поверхностей, подлежащих восстановлению, удаляется поврежденный металл и производится равномерная по всей поверхности выборка изношенных мест. Кроме того, создаются конструктивные элементы необходимые для проведения ремонта с применением ПКМ (например, канавки или отверстия). На этом этапе применяются традиционные виды механообработки (точение (расточивание), фрезерование, шлифование, сверление).

Третий этап — **подготовка поверхностей** к нанесению материала. Обязательной является процедура обезжиривания подготовленных поверхностей химическим или механическим способом. Иногда перед нанесением ПКМ поверхности необходимо подвергнуть обжигу, отпескоструить, обдуть, просушить и т.д. для удаления с рабочих поверхностей любых инородных веществ: грязи, масла, влаги, оксидной пленки и т.п.

Четвертый этап — **нанесение ПКМ**.

Кроме непосредственно нанесения материала на подготовленные поверхности этот этап включает в себя всю процедуру приготовления материала (дозирование компонентов и их перемешивание), формообразование из ПКМ и процесс полимеризации.

Пятый этап — **окончательная механическая обработка**.

После полимеризации материала, полученные поверхности почти всегда необходимо подвергнуть окончательной механической обработке. Это и операции связанные с формообразованием, и удаление наплывов и излишков ПКМ.

Шестой этап — **сборка**. Последний этап, по сути, тоже слесарный. Его главная цель собрать отремонтированные детали в узел или агрегат.

Следует отметить, что при анализе ремонтных технологий с использованием промышленных ремонтных полимерно-композитных материалов полимер используется либо в качестве элемента заменяющего (защищающего) изношенную поверхность, либо как элемент, соединяющий поврежденную изношенную поверхность с новым конструктивным элементом.

На основании анализа структуры технологических процессов ремонта и выделенных шести этапов по видам работ разработан **типовой технологический процесс ремонта посадочного места под подшипник на валу**. Он включает в себя как вспомогательные технологические операции (транспортная, связанная с переходом ремонтируемой детали от одного участка к другому), так и основные операции, включающие все необходимые работы по приготовлению и нанесению ПКМ, а также предварительную и окончательную механическую обработку ремонтируемой поверхности.

Маршрутно-технологическая карта включает следующие операции (табл. 1):

Каждая операция включает в себя все необходимое количество переходов и работ.

Таким образом, спроектированный типовой техпроцесс ремонта посадочного места под подшипник на валу наиболее полно отражает специфику технологических и вспомогательных операций, входящих в данный ТП, и условия проведения ремонтных работ с использованием ПКМ и в последующем может быть использован любыми ремонтными подразделениями и производственными участками, занимающихся ремонтными работами на базе ПКМ. По каждой операции включены наименование работ с содержанием переходов в строгой последовательности их выполнения, а также все учитываемые факторы, от выбора которых зависит трудоемкость ремонтных работ.

Состав операций типового технологического процесса

№ операции	Наименование операции
001	Транспортная
005	Предварительная очистка от грязи и масла
007	Транспортная
010	Предварительная механическая обработка (токарная)
015	Приготовление рабочей смеси ПКМ
020	Подготовка поверхности
022	Транспортная
025	Нанесение ПКМ
027	Транспортная
030	Токарная чистовая
032	Транспортная
035	Шлифовальная
037	Транспортная
040	Окончательная очистка от пыли и грязи

В результате рассмотрения типового ТП выявлено, что ремонтируемая поверхность характеризуется двумя параметрами: диаметром шейки d и ее длиной B .

Посадочные размеры шейки вала (диаметр и длина) под подшипник бывают различными в зависимости от габаритов ремонтируемого узла, что непосредственно отражается и в разбросе номинальных значений посадочных размеров подшипников, которые составляют сборочный узел вместе с восстановленным валом. Для выявления возможных диапазонов варьирования диаметра и длины ремонтируемой шейки в качестве примера рассмотрены все используемые в машиностроении типоразмеры стандартных подшипников качения $d=200\dots300$ мм [2].

Таким образом, в результате анализа типоразмеров стандартных подшипников качения, различных по типу и серии были установлены следующие диапазоны варьирования параметров: $d = 200\dots300$ мм, $B = 37\dots420$ мм.

Поскольку нормативы имеют комплексный характер и охватывают разные виды работ, методика расчета нормы времени разработана применительно к каждому разделу нормативов.

Укрупненная норма времени T в целом на весь технологический процесс ремонта рассчитывается по формуле:

$$T = \sum_{i=1,n} T_i \quad (1)$$

где T_1 , T_2 , T_n — нормативное оперативное время на выполнение комплекса технологических операций (берется по соответствующим картам межотраслевых укрупненных нормативов времени) [1]; n — количество комплексов технологических операций, входящих в техпроцесс ремонта.

Таким образом, укрупненная норма времени на ТП представляет собой совокупность норм времени технологических операций, входящих в данный типовой ТП ремонта.

Принцип разработки укрупненной нормы времени на типовой ТП состоит в расчете полной нормы времени при варьировании множества параметров ремонтируемой поверхности в соответствии с установленными диапазонами. В результате по межотраслевым укрупненным нормативам времени [1] на каждый переход, входящий в состав операции, выбирается норма времени. Затем для определения трудоемкости выполненных работ все рассчитанные нормы времени по операциям суммируются. Таким образом, подсчитывается типовая норма времени в целом на ТП ремонта.

Подобным образом были рассчитаны укрупненные нормы времени на типовой технологический процесс ремонта с использованием ПКМ для всех типоразмеров подшипников качения $d=200\dots300$ мм как функция двух параметров d и B .

Итогом проделанных расчетов явилась разработка типовой укрупненной нормативной карты для нормирования ремонтных работ на базе ПКМ применительно к типовому технологическому процессу. Данная карта составлена в виде маршрутной технологии в последовательности процесса выполнения ремонта по операциям с учетом габаритов детали. В качестве основы принята существующая нормативная карта из «Общемашиностроительных типовых норм времени на изготовление вспомогательного инструмента» [3]. В верхней части карты приведен чертеж ремонтируемого вала с указанием основных размеров d , B и L , а также исходные данные для расчета нормы времени. Ниже в таблице указаны типовые нормы времени на ремонт детали дифференцированно по типоразмерам и операциям технологического процесса.

Фрагмент типовой нормативной карты представлен в табл. 2.

По результатам нормирования можно оценить трудоемкость работ по каждой операции в виде диаграммы соотношения удельного веса каждой операции к общему времени на весь комплекс операций для всех типоразмеров подшипников в процентном отношении (рис. 1).

Из анализа построенной диаграммы видно, что наиболее трудоемкими операциями являются: нанесение ПКМ, чистовое точение, черновое точение и шлифование.

Таким образом, можно установить комплексную оценку трудоемкости работ в целом на все типоразмеры подшипников качения. Из диаграммы (рис. 1) виден суммарный удельный вес каждой операции (табл. 3).

Для определения характера изменения типовой нормы времени во всем диапазоне варьирования ширины подшипника B построены графики зависимостей $T = f(B)$ при различных значениях d наиболее трудоемких операций: 010 Черновое точение (рис. 2,а), 025 Нанесение ПКМ (рис. 2,б), 035 Шлифование (рис. 2,в). На рис. 2,г показано изменение суммарной укрупненной нормы времени.

Фрагмент типовой укрупненной нормативной карты

	Группа ПКМ	Сталь
	Группа сложности детали	I
	Марка материала ремонтируемой поверхности (вала)	Сталь 45 ГОСТ 1050-80
	Длина вала L, мм	1000
	Расстояние перемещения между рабочими участками в цеху, м	20
	Основные размеры, мм	d B
Наименование и содержание операции	Карта	Норма времени, мин
001 <u>Транспортная</u>		
Итого по операции:	К 1	3,52
005 <u>Предварительная очистка от грязи и масла</u>		
Итого по операции:	К 4, К 5	2,28
007 <u>Транспортная</u>		
Перемещение детали на токарный участок	К 1	3,52
010 <u>Токарная черновая</u>		
Итого по операции:	К 50, К 51	16,28
015 <u>Приготовление рабочей смеси ПКМ</u>		
Итого по операции:	К 83, К 85, К 87	3,4
020 <u>Подготовка поверхности</u>		
Итого по операции:	К 90, К 88, К 89	5,48
022 <u>Транспортная</u>		
Перемещение на участок нанесения ПКМ	К 1	3,52
025 <u>Нанесение ПКМ</u>		
Итого по операции:	К 93, 100, 101, 103, 90	18,17
027 <u>Транспортная</u>		
Перемещение на токарный участок	К 1	3,52
030 <u>Токарная чистовая</u>		
Итого по операции:	К 50, К 127	21,2
032 <u>Транспортная</u>		
Перемещение на шлифовальный участок	К 1	3,52
035 <u>Шлифовальная</u>		
Итого по операции:	К 151, К 152	22,6
037 <u>Транспортная</u>		
Перемещение на участок окончательной очистки	К 1	3,52
040 <u>Окончательная очистка от пыли и грязи</u>		
Обдувка восстановленной поверхности сжатым воздухом	К 5	0,74
Итого:		111,27

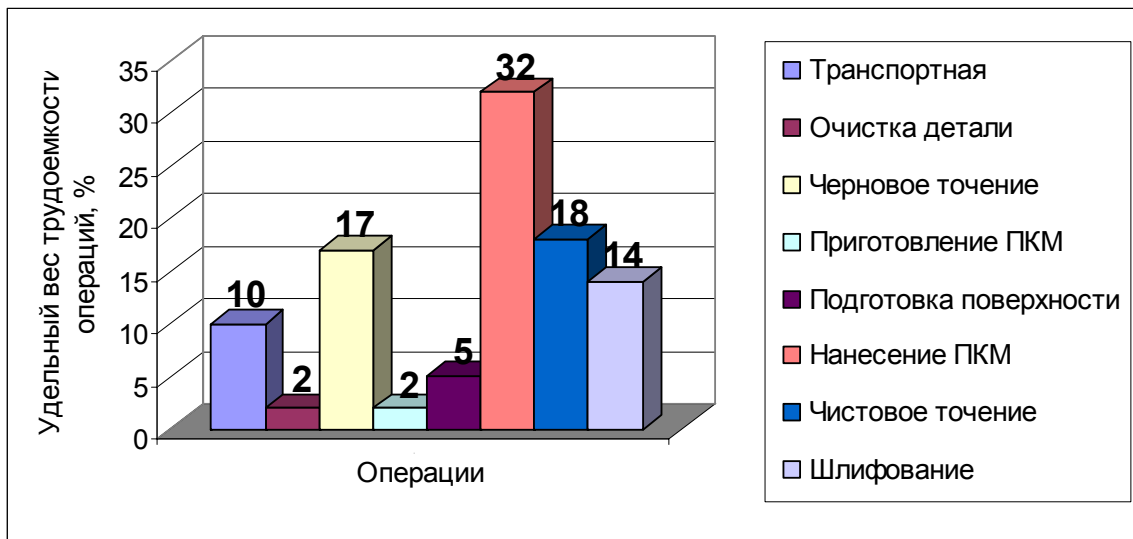
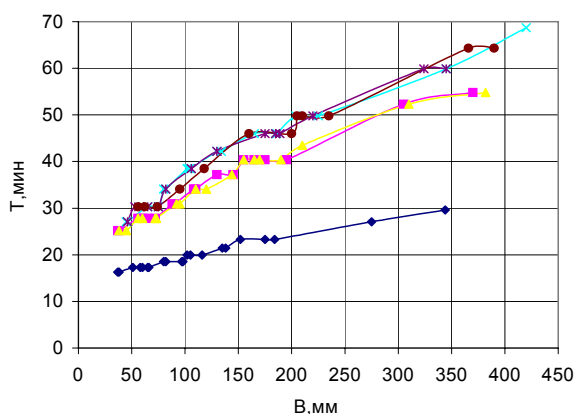


Рис. 1. Диаграмма суммарной трудоемкости операций на всем диапазоне диаметров

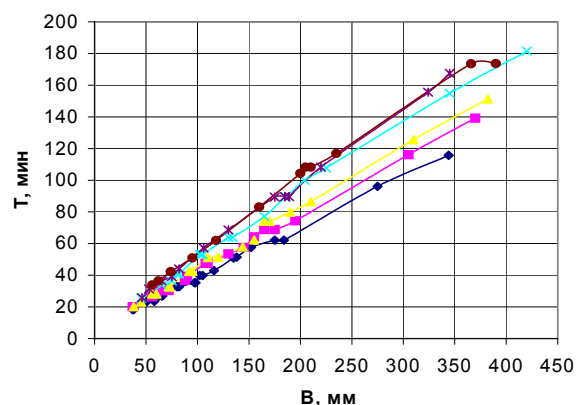
Таблица 3

Суммарная трудоемкость операций

Наименование операции	Удельный вес, %
Транспортная	10
Очистка детали от грязи (предварительная и окончательная)	2
Механическая обработка:	
– черновое точение	17
– чистовое точение	18
– шлифование	14
Вспомогательные работы с ПКМ:	
– подготовка поверхности	5
– приготовление рабочей смеси ПКМ	2
– нанесение ПКМ	32

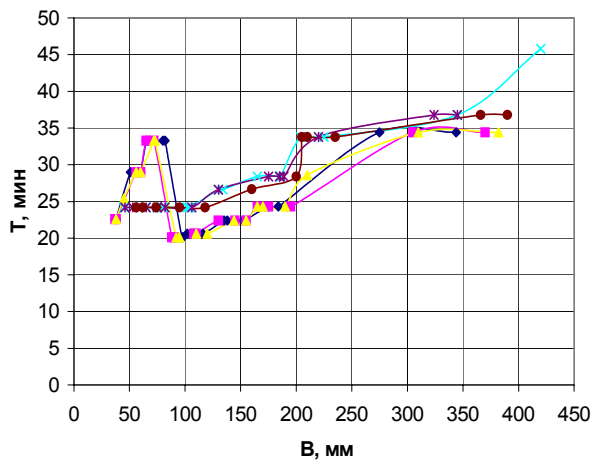


а)

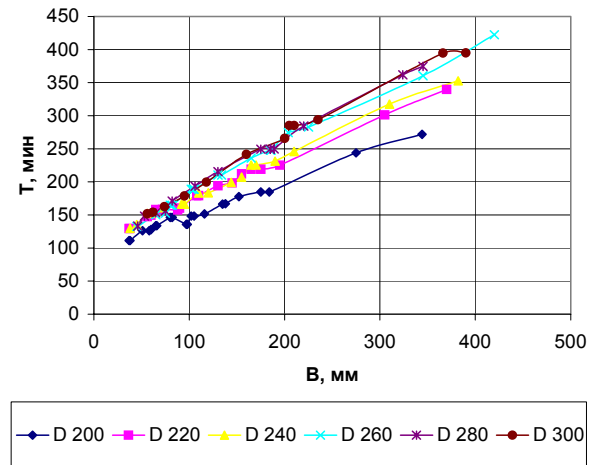


б)

Рис. 2. Характер зависимостей $T = f(B)$ при различных значениях d для операций: а – черновое точение; б – нанесение ПКМ; в – шлифование; г – характер изменения суммарной укрупненной нормы времени



в)



г)

Рис.2. Окончание

Анализируя полученные графики зависимостей $T = f(B)$ можно судить о возрастании типовой нормы времени с увеличением диаметра d и ширины B . Пролслеживается тенденция возрастания нормы времени по каждой операции, за исключением шлифовальной операции, где наблюдаются перепады кривых распределения в диапазоне B до 80 мм, что обуславливается сменой схемы шлифования. Как правило, на участке $B = 0 \dots 80$ мм шлифование осуществляется с радиальной подачей. Это связано с тем, что толщина применяемых кругов $0 \dots 80$ мм, а при увеличении ширины B шлифование производится с продольной подачей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Межотраслевые укрупненные нормативы времени на ремонт и восстановление деталей с использованием полимерно-композитных материалов. — М.: 2003. — 521 с.
2. Справочник конструктора-машиностроителя / Под ред. В.И. Анурьева. Т. 2. — М.: Машиностроение, 1982. — 576 с.
3. Общемашиностроительные типовые нормы времени на изготовление вспомогательного инструмента. — М.: Экономика, 1988. — 142 с.
4. Типовые укрупненные нормы времени на работы по ремонту токарных автоматов и полуавтоматов. — М.: Экономика, 1988. — 34 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИХ СТРУКТУРА

Ю.И. Мясников, Е.Ю. Бобылева

Для обработки деталей на металлорежущих станках используется различная технологическая оснастка (ТО), которая структурно подразделяется на три части (рис. 1) [1, 2, 3, 4].

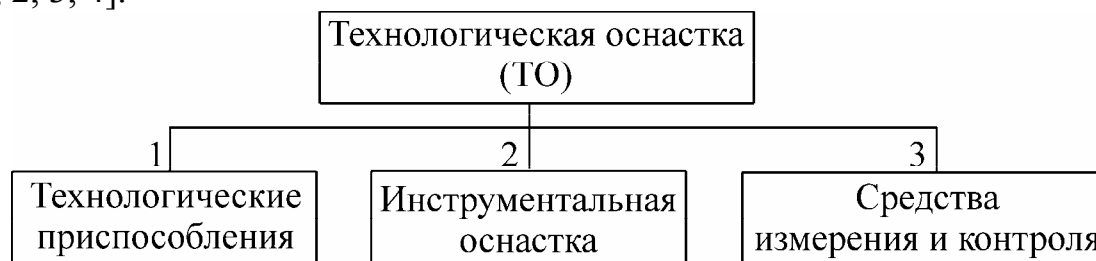


Рис. 1. Структура технологической оснастки (ТО)

Технологические приспособления (1) — это дополнительные устройства к технологическому оборудованию, применяемые при выполнении технологических операций. В качестве примера на рис. 2 приведены конструкции двух станочных приспособлений — токарного трехкулачкового патрона (а) и настольного приспособления (б).

Инструментальная оснастка (2) — это особая группа технологической оснастки, включающая в себя режущие и вспомогательные инструменты. В качестве примера на рис. 2 приведены конструкция спирального сверла (в) и оправка (г) для установки режущих инструментов.

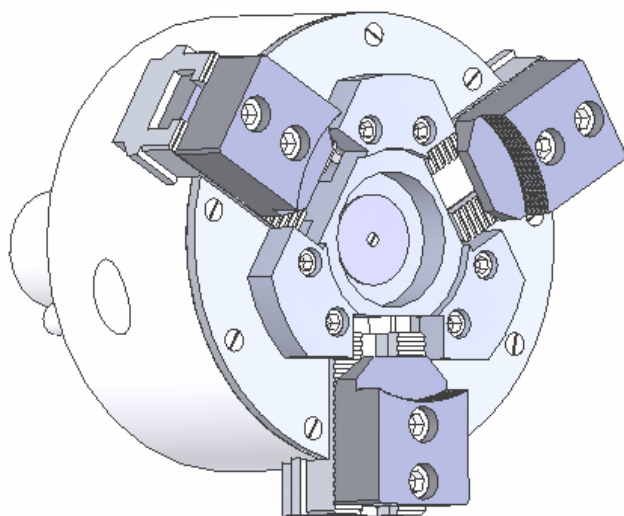
Средства измерения и контроля (3) — это технические средства, используемые при измерениях и контроле технологических параметров обработки. В качестве примера на рис. 2 приведены конструкции универсального измерительного инструмента — штангенциркуля (д) и специального контрольного приспособления (е).

В структуре средства измерения и контроля имеется многочисленная группа специальных контрольных приспособлений (КП), используемых на производстве в процессе обработки деталей на металлорежущих станках. Они предназначены для контроля различных параметров точности обрабатываемых деталей и выполняют различные функции в технологическом процессе:

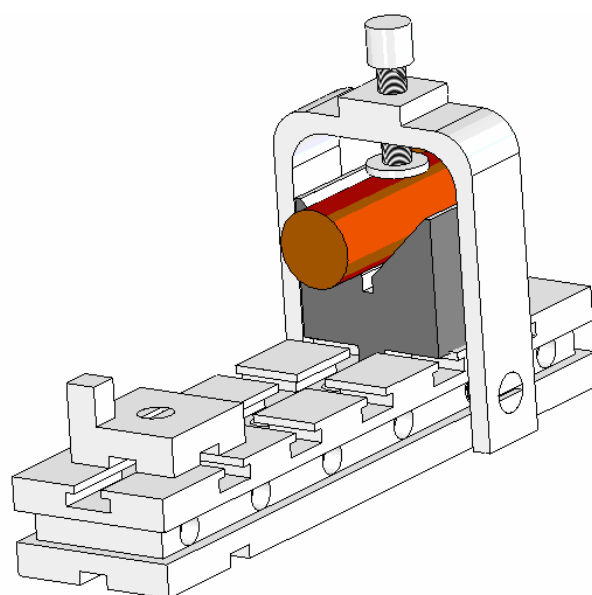
- контроль параметров на переходах и операциях;
- окончательный контроль деталей;
- и другие функции.

Эта группа приспособлений создается (проектируется, изготавливается, контролируется) на производстве по принципам других технологических приспособлений и поэтому названа авторами технологическими контрольными приспособлениями, являющихся предметом их изучения в магистерской диссертации. В данной статье рассматриваются особенности формирования структуры таких приспособлений.

Технологические приспособления



а)

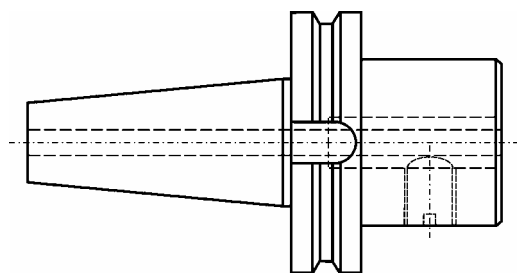


б)

2. Инструментальная оснастка

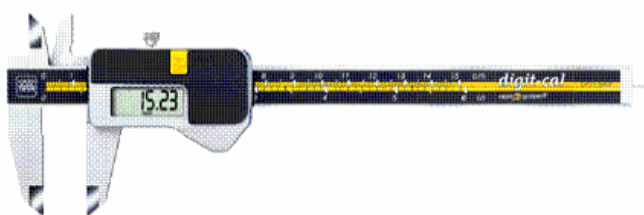


в)

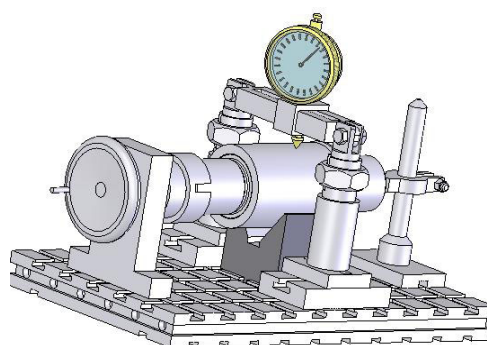


г)

3. Средства измерения и контроля



д)



е)

Рис. 2. Примеры технологической оснастки:
а, б – станочные приспособления;
в, г – сверло и оправка;
д, е – штангенциркуль и контрольное приспособление

1. Особенности конструкций технологических контрольных приспособлений связаны с особенностями контролируемых параметров и схемами измерения.

Например, на рис. 3,а показан операционный эскиз контрольной операции. Согласно этого эскиза на операции контроля необходимо обеспечить контроль параметра точности: допуск параллельности верхнего торца детали 0,05 мм относительно нижнего торца А (измерительной базы).

Примечание. Из изложенного следует, что заданием на проектирование технологических контрольных приспособлений служит технологический процесс изготовления детали (контрольная операция).

2. При контроле параметров точности следует различать промежуточный контроль (контроль параметров заготовки) и окончательный контроль (контроль параметров детали). В связи с этим в работе принято решение рассматривать контроль параметров заготовки и детали как объект контроля (или контролируемый объект).

Для выбора схем измерения контролируемых параметров обычно используются типовые схемы контроля. Например, для контроля параметра контролируемого объекта, изображенного на рис. 3,а, выбрана типовая схема контроля [4], представленная на рис. 3,б.

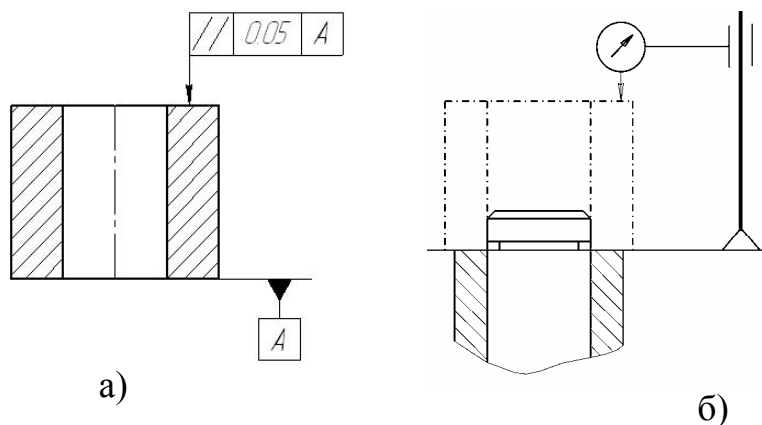


Рис. 3. Фрагмент операционного эскиза (а) контрольной операции и типовая схема контроля (б)

3. Анализ структуры технологических контрольных приспособлений показывает, что они относятся к особой группе средств измерения и контроля, представляющих собой сочетание базирующих, зажимных, измерительных и других функциональных устройств.

Для определения структуры функциональных частей рассматриваемых контрольных приспособлений на рис. 4 приведен фрагмент конструкции (а) специального контрольного приспособления для контроля параметра, представленного на рис.3,а с учетом выбранной схемы контроля (см. рис. 3,б).

Контролируемый объект (Зг) базируется на установочном элементе 1 и закрепляется гайкой зажимного устройства 2. Для измерения контролируемого параметра используется индикатор 3, установленный на штативе 4, 5. Все части приспособления зафиксированы и закреплены на базовой плите 6. Измерение контролируемого параметра осуществляется при вращении объекта контроля.

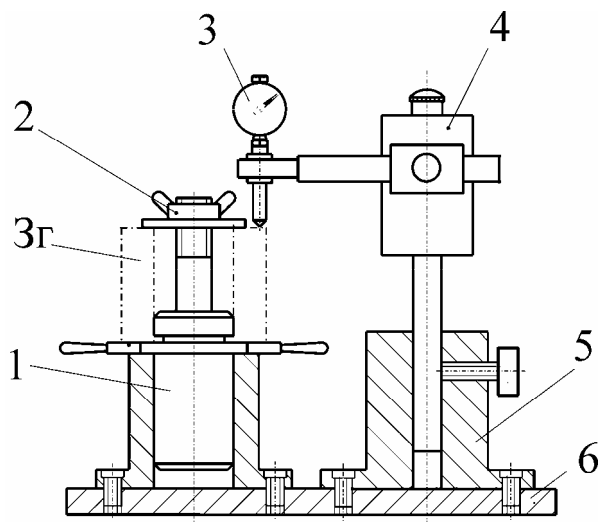


Рис. 4. Фрагмент конструкции контрольного приспособления

В результате анализа конструкции контрольного приспособления (см. рис. 5) установлена следующая структура функциональных частей приспособления, поясняемая рис. 5.

Установочные элементы (УЭ) обеспечивают базирование контролируемых объектов в приспособлении в соответствии с требованиями технологического процесса (контрольной операции). Результатом реализации условий базирования объекта контроля является разработка схемы (а) установки на уровне принципиальных и конструктивных решений.

Зажимные устройства (ЗУ) предназначены для обеспечения надежного контакта базовых поверхностей контролируемых объектов с установочными элементами приспособлений и предупреждения их смещения при контроле. Результатом реализации условий закрепления объекта контроля является разработка схемы (б) закрепления на уровне принципиальных и конструктивных решений.

Измерительные устройства (ИУ) контрольных приспособлений предназначены для определения действительных значений проверяемых параметров (в) объекта контроля. Эти устройства назначаются в зависимости от точности контролируемого параметра.

Дополнительные устройства (ДУ) предназначены для обеспечения дополнительных функций в структуре контрольного приспособления, например, для установки (г) измерительного устройства (ИУ), его настройки на определенный размер для обеспечения точности контролируемого параметра и другие.

Корпус контрольного приспособления ($K_{КП}$) является базовым элементом (д), на котором фиксируются и закрепляются установочные элементы (УЭ), зажимные устройства (ЗУ) и дополнительные устройства (ДУ).

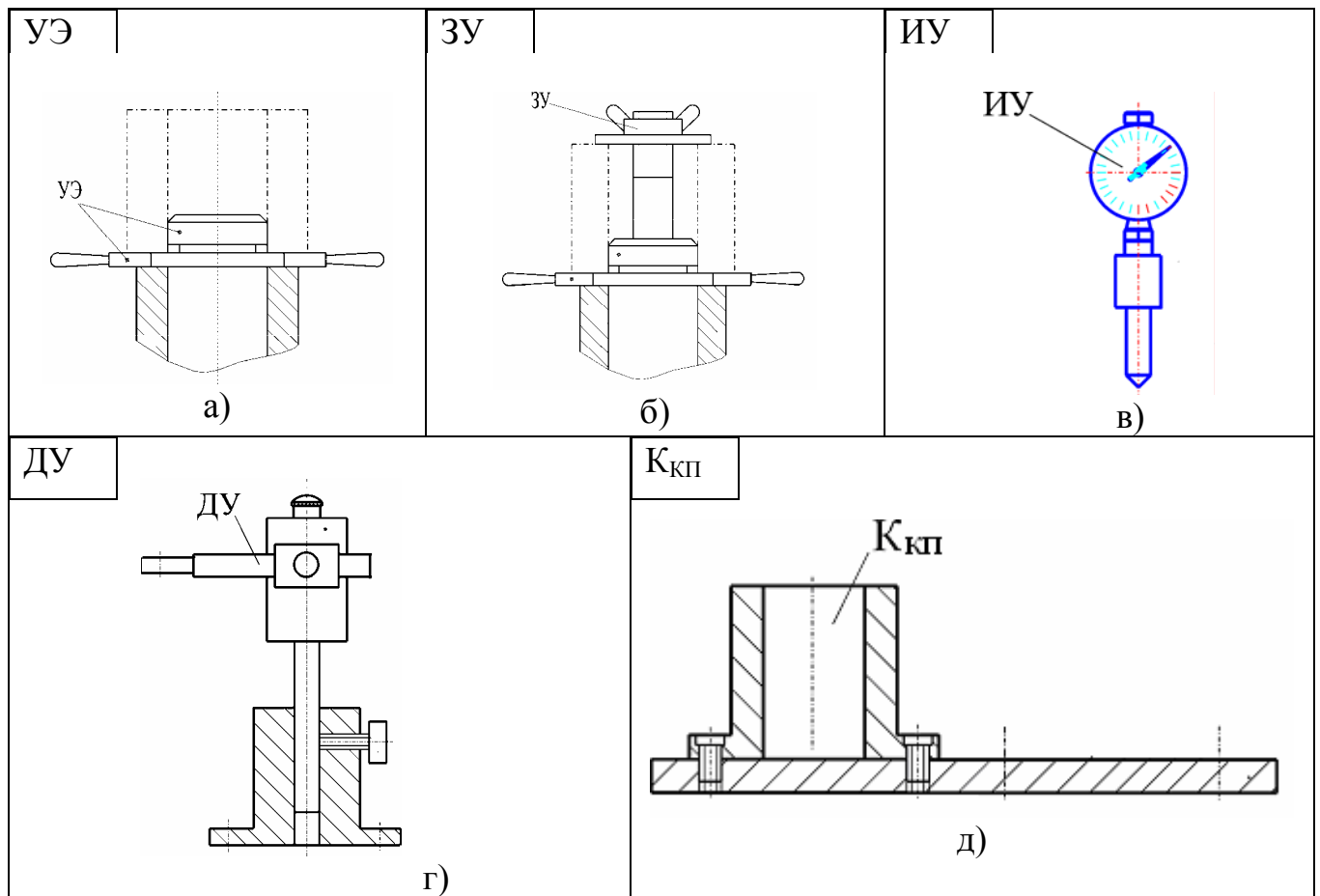


Рис. 5. Функциональные части контрольного приспособления

Таким образом, анализ рассматриваемой конструкции контрольного приспособления (см. рис.4 и 5) позволят представить его состоящим из пяти функциональных частей (рис.6): установочного элемента (УЭ), зажимного устройства (ЗУ), измерительного устройства (ИУ), дополнительного устройства (ДУ) и базового корпуса (К_{КП}).

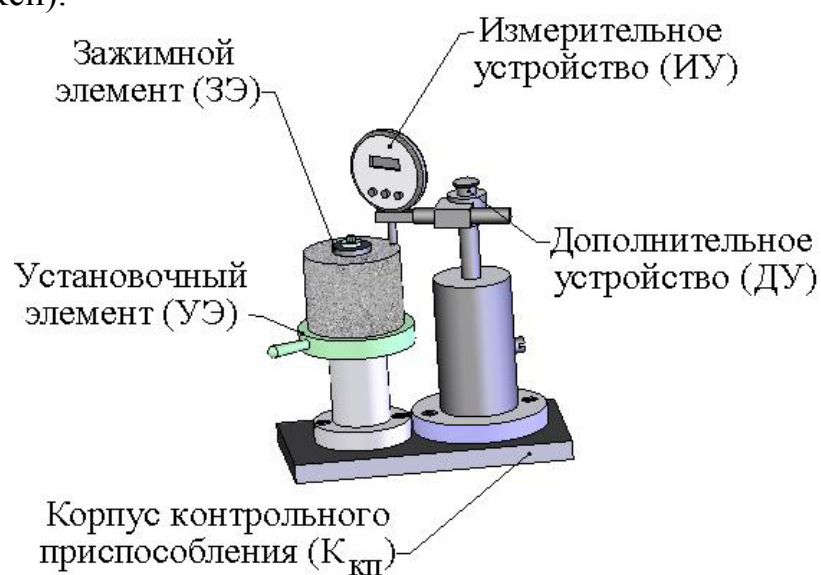


Рис. 6. Модель конструкции контрольного приспособления и его функциональные части

Результаты анализа конструкции контрольного приспособления, приведенного на рис. 6, и других конструкций контрольных приспособлений [3, 4] показывают, что любое контрольное приспособление в общем виде состоит из пяти функциональных частей (рис. 7). Все функциональные части имеют свое служебное назначение в зависимости от требований, предъявляемых к конструкции контрольного приспособления.



Рис. 7. Структура функциональных частей контрольного приспособления

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мясников, Ю.И. Проектирования станочных приспособлений: учебное пособие / Ю.И. Мясников. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 483 с.
2. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1971. – 288 с.
3. Левинсон, Е.М. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1966. – 292 с.
4. Степанов, Ю.С. Точность контрольно-измерительных приспособлений / Ю.С. Степанов [и др]. – М.: Машиностроение 1, 2003. – 160 с.

МОДУЛЬНЫЕ ПЕРЕНАЛАЖИВЕМЫЕ СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ю.И. Мясников, Е.Ю. Бобылева, С.В. Беляев, Е.С. Юдин

Переналаживаемые станочные приспособления (П_СП) в современном производстве являются наиболее перспективной частью технологической оснастки (ТО) [1, 2, 3]. В их структуре имеется группа переналаживаемых модульных приспособлений [2].

Модульные переналаживаемые станочные приспособления (М_СП) — это особая группа приспособлений, в основе создания которых используется идея о воз-

возможности сборки (агрегатирования) различных переналаживаемых станочных приспособлений из модулей. Модулями здесь являются функциональные части приспособлений [1]: установочные элементы (УЭ), зажимные устройства (ЗУ), дополнительные устройства (ДУ) и корпус (Ксп).

Примечание. Агрегатирование как процесс сборки является развитием унификации (стандартизации) и сводится к сборке приспособлений из стандартных деталей и сборочных единиц.

Особенности М_СП заключаются в следующем.

1. Возможность базирования и закрепления заготовок (Зг) родственных по конфигурации и различных типоразмеров.
2. Каждый модуль является сборочной единицей, состоящей из однообразных деталей различных типоразмеров.
3. Все модули подразделяются на базовые и сменные наладки.
4. Базовые наладки служат для создания корпусов (Ксп) М_СП.
5. Сменные наладки служат для создания установочных элементов (УЭ), зажимных (ЗУ) и дополнительных (ДУ) устройств М_СП.
6. Возможность агрегатирования (сборки) М_СП из различных сочетаний составляющих их модулей.
7. Все наладки М_СП формируются из заранее изготовленных и многократно используемых деталей и сборочных единиц.

Практика показывает [2, 3], что применение М_СП перспективно при обработке деталей типа “Корпусов”, “Плит”, “Рычагов” и других деталей на станках с числовым программным управлением сверлильно-фрезерно-расточной группы, включая станки типа обрабатывающие центры. Они создаются из деталей и сборочных единиц, входящих в структуру различных систем переналаживаемых станочных приспособлений – универсально-сборной технологической оснастки (УСПО), универсально-сборных приспособлений (УСП) и других.

Базовые модули формируются из плит, призм, угольников и других деталей. На их рабочих поверхностях имеются сетки с точно расположенными гладкими цилиндрическими и резьбовыми отверстиями и точно выполненные Т-образные пазы. Наличие таких отверстий и пазов обеспечивает точное базирование заготовок относительно нуля станка и надежное их закрепление. Применение таких базовых элементов сокращает время на наладку и переналадку оборудования при обработке новых деталей, а также предохраняет от изнашивания рабочие поверхности стола станка (паллеты).

Использование в базовых модулях различных корпусных деталей позволяет создавать различные компоновки конструкций М_СП (рис. 1) для обработки одной (а) или одновременно нескольких (б, в, г, д) заготовок (Зг).

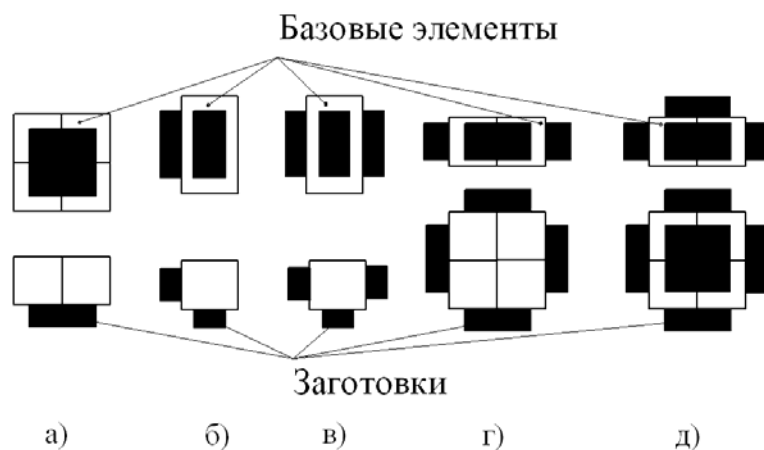


Рис. 1. Схемы базирования и закрепления заготовок на базовых модулях

Сменные наладки предназначены для установки (базирования и закрепления) заготовок. Они обеспечивают быструю компоновку, переконфигурацию и переналадку М_СП, а также большое количество разнообразных комбинаций схем установки и закрепления Зг.

На рис. 2, рис. 3 и рис. 4 приведены примеры базового модуля, сменных установочных и зажимных наладок.

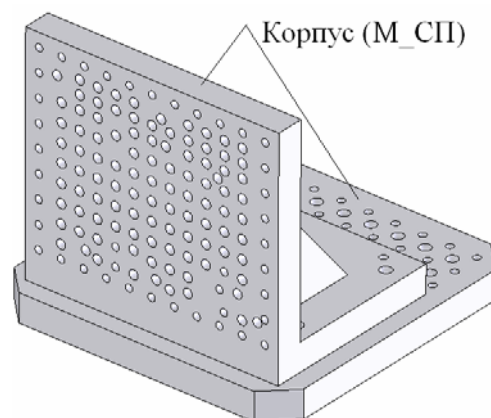


Рис. 2. Пример базового модуля

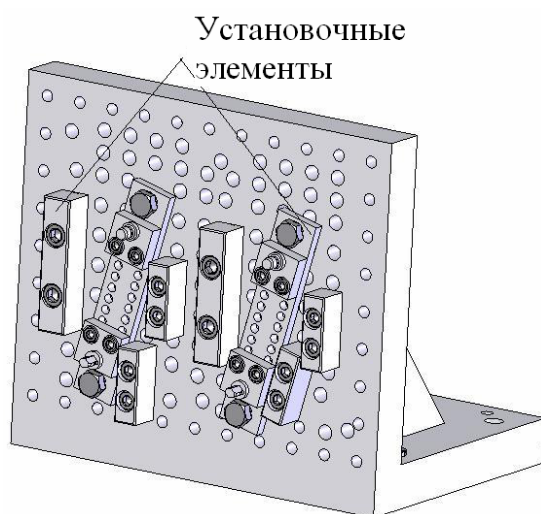


Рис. 3. Примеры модульных установочных наладок

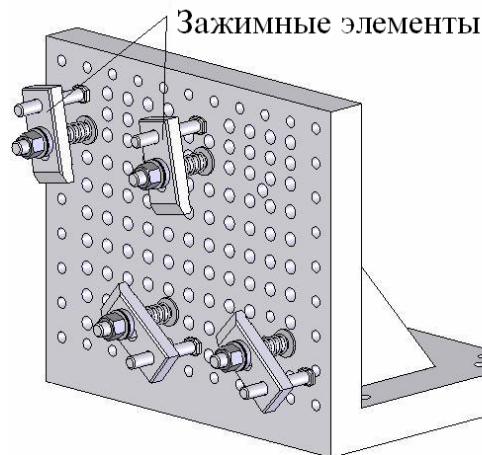


Рис. 4. Примеры модульных зажимных наладок

Примеры из практики (рис. 5, рис. 6, рис. 7).

Пример 1. На рис. 5 показана конструкция двухместного модульного станочного приспособления (М_СП) для обработки детали типа "Плита" на станках сверлильно-фрезерно-расточной группы, включая обрабатывающие центры.

Приспособление предназначено для обработки двух заготовок (Зг) 4, установленных в вертикальном положении.

Корпус (К_{СП}) М_СП собран из базовой плиты 1 и угольников 2. Сменными наладками являются установочные элементы (детали и сборочные единицы 3, 6 и другие) и зажимные устройства (детали и сборочные единицы 5, 7 и другие).

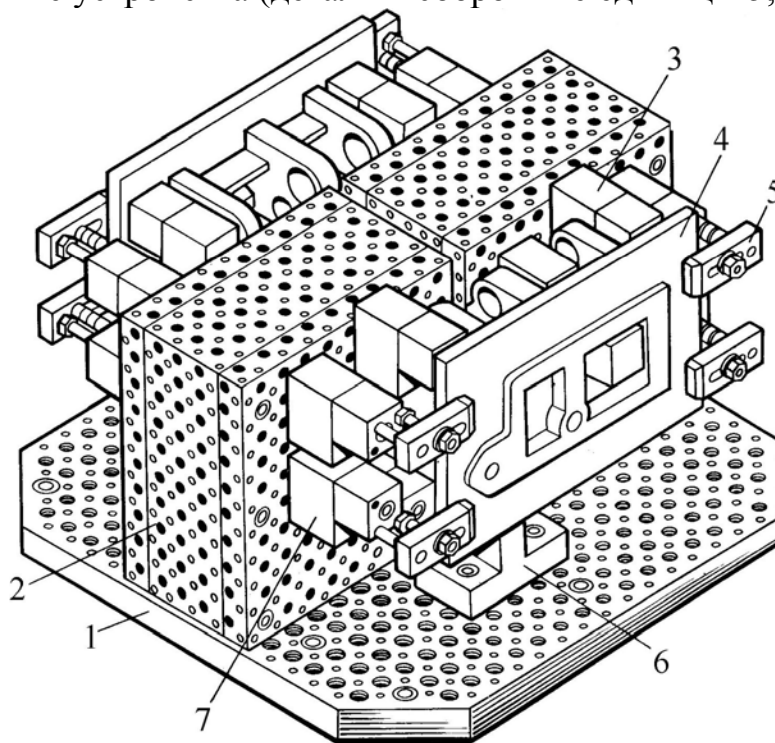


Рис. 5. Двухместное модульное приспособление с гидравлическим зажимом заготовок [2]: 1, 2 – элементы корпуса, 3, 6 – установочные элементы, 4 – заготовка, 5 – зажимные элементы, 7 – гидроцилиндр

Пример 2. На рис.6 показаны две конструкции М_СП, предназначенных для обработки заготовок (Зг) деталей типа “Корпус” (результаты проектирования М_СП С.В. Беляевым и Е.С. Юдиным в дипломных проектах). Оба приспособления состоят из базового модуля (корпуса), установочных (установочные элементы) и зажимных (зажимные элементы) наладок. Корпусы приспособлений сформированы из базовых плит и угольников. Для механического закрепления Зг предусмотрены специальные электромеханические гайковерты с тарировкой крутящего момента.

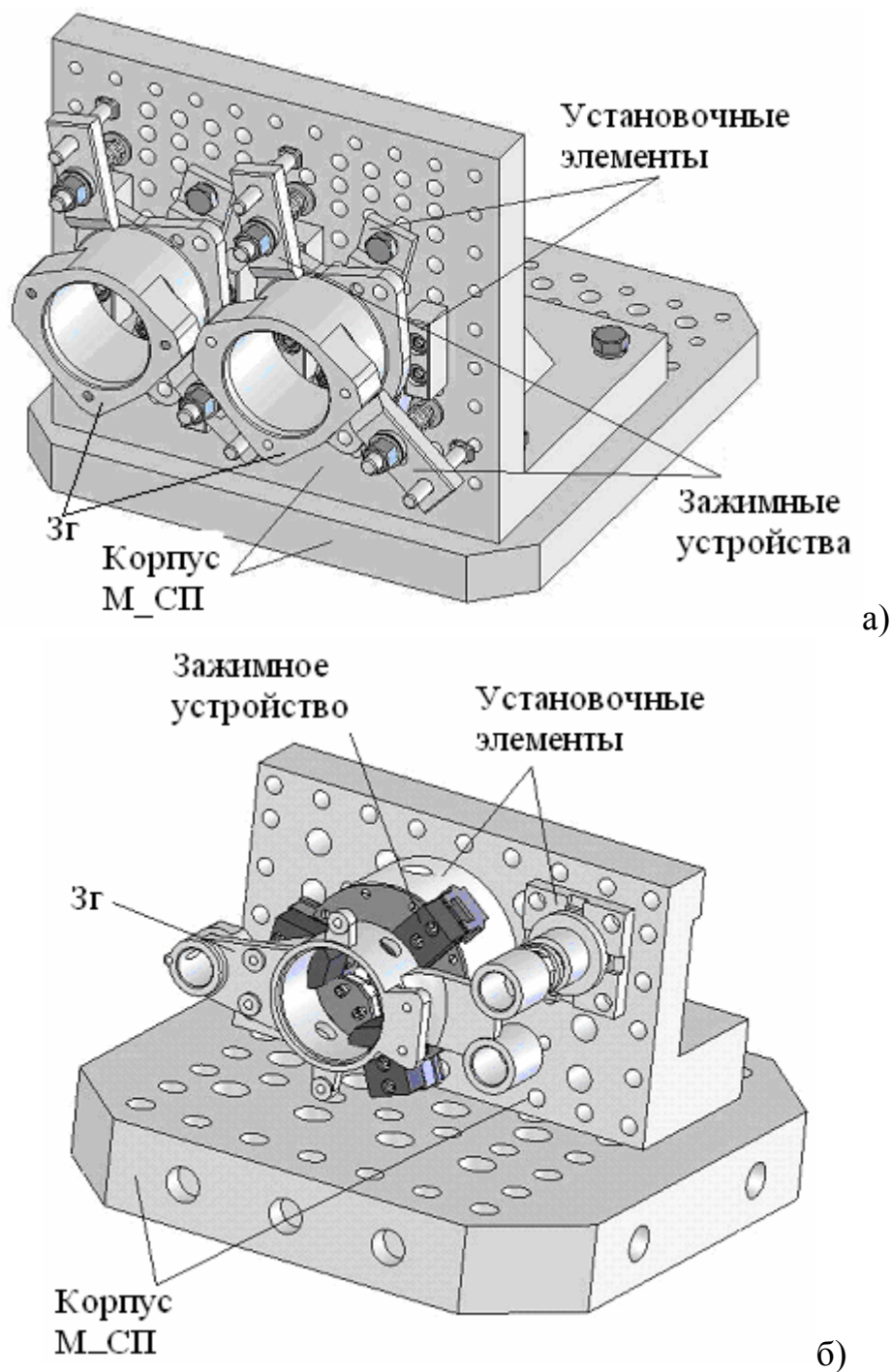


Рис. 6. Модели приспособлений модульного типа для установки и закрепления деталей типа «Корпус»

Первая конструкция М_СП (а) предназначена для обработки двух фланцев (двухместное приспособление). Заготовки (Зг) базируются по плоскости, поверхности внутреннего отверстия и поверхности радиально расположенного отверстия. В качестве установочных элементов используются установочные пластины, цилиндрический и срезанный палец. Закрепление Зг производится прихватами.

Вторая конструкция М_СП (б) предназначена для обработки рычага (одноместное приспособление). Заготовки (Зг) базируются по плоскости, поверхности внутреннего отверстия и поверхности радиально расположенного отверстия. В качестве установочных элементов используются поверхности кулачков трехкулачкового патрона (самоцентрирующего устройства) и конический срезанный палец. Закрепление Зг производится кулачками патрона с их механическим перемещением.

Пример 3. Модульные переналаживаемые станочные приспособления получили широкое применение не только в нашей стране, но и за рубежом. На рис. 7 представлено модульное переналаживаемое станочное приспособления (М_СП) для закрепления крупногабаритных деталей [3].

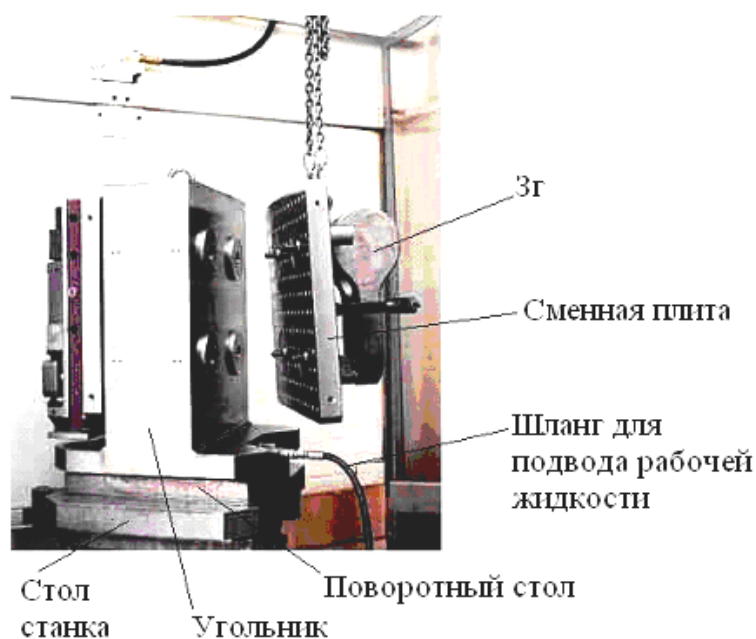


Рис. 7. Модульное приспособление для крупногабаритных деталей [3]

Основой данного М_СП является базовый угольник с двумя рабочими поверхностями, установленный на поворотном столе, который, в свою очередь, закреплен на столе станка. В базовом угольнике имеются встроенные пружинно-гидравлические зажимные цилиндры, к которым рабочая жидкость подводится по специальному шлангам.

Заготовка (Зг) базируется и закрепляется на сменной плите. Сменная плита с закрепленной на ней Зг образуют приспособление-спутник, которое фиксируется и закрепляется на рабочей поверхности базового угольника.

Зажимные цилиндры подсоединены к гидравлической и пневматической системам станка. Гидравлическая система обеспечивает разжим прижимных цилиндров на время переустановки оснастки или заготовки, пневматическая — продув и очистку внутренних и наружных поверхностей зажимов и зоны обработки.

Многоместные зажимные приспособления модульной конструкции позволяют закреплять на рабочем столе станка детали с прямоугольным, круглым сечением, сложной формы, несколько крупногабаритных деталей одновременно и другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мясников, Ю.И. Проектирования станочных приспособлений: Учебное пособие / Ю.И. Мясников. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. — 483 с.
2. Кузнецов, Ю.И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ / Ю.И. Кузнецов. — Москва: Высшая школа, 1988.— 304 с.
3. Vischer @ Bolli AG Metal Cutting and Workholding.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИИ

В.И. Гузеев, П.Р. Шакиров

При обработке зубчатых колес методом обката велика роль погрешностей размера динамической настройки, которые связаны с упругими деформациями технологической системы под действием силы резания. Из работ К.С. Колева и Л.М. Горчакова [1] следует, что доля этих погрешностей на зубообрабатывающих операциях может достигать до 77% от общего объема погрешностей.

Связь между погрешностью обрабатываемой детали и такими определяющими факторами резания, как изменения силы резания ΔP и жесткость технологической системы j , устанавливается в виде выражения, определяющего отклонения размера

динамической настройки $\Delta A_d = \frac{\Delta P}{j}$, из которого следует, что для обеспечения

стабильности динамической настройки (при конечной жесткости технологической системы) необходимо стабилизировать силу резания P , то есть обеспечить $\Delta P=0$ [2].

Применительно к различным видам зубообработки методом обката нельзя ставить вопрос о достижении постоянства силы резания ($P=\text{const}$), так как постоянно изменяющиеся параметры срезаемого слоя вызывают изменения силы резания. Поэтому, в силу особенностей кинематики резания при зубообработке методом обката всегда $\Delta P \neq 0$. Следовательно, возникает задача отыскания конкретных видов выражения $y=f(P, j)$ и анализ их с целью нахождения путей снижения отклонения размера динамической настройки ΔA_d . Для решения данной задачи необходимо знать закон изменения силы резания.

Исследованиями сил резания при зубофрезеровании червячными модульными фрезами занимались Э.Н. Гулида, А.М. Розенберг, Г.Г. Овумян и др. Полученные ими выражения для составляющих сил резания являются, как правило,

степенными зависимостями от различных факторов (элементов режимов резания) и учитывают в виде определенных коэффициентов условия резания (твердость обрабатываемого материала, СОЖ, углы заточки инструмента и др.). Зависимости этих авторов приведены в таблице.

Однако, эмпирические силовые зависимости, аппроксимированные степенными уравнениями, носят частный характер, так как посредством уравнивающих коэффициентов и показателей степени учитывают конкретные (узкодиапазонные) условия экспериментов. Например, для определения составляющих сил резания авторы используют эмпирический коэффициент пропорциональности, значения которого колеблются в широких пределах (от 0,3 до 0,8). В работе [3] отмечается, что при расчетах составляющих сил резания использование средних значений коэффициентов пропорциональности этих составляющих может привести к ошибке в расчетах.

Таблица

Силовые зависимости при зубофрезеровании стальных зубчатых колес

Автор	Сила резания (составляющие силы резания)	Соотношение составляющих силы резания	Диапазон применяемости
Гулида Э.Н.	$P_z = pa_{cp}^{1-m} b_{zи} k_{\Gamma} k_{сож} k_h$	$P_x = P_z \operatorname{tg} \omega_d$ $P_y = (0,4 - 0,5) P_z$	
Филатов В.П.	$P = CS^x m^y z^a k^q$ $P = CS^x m^y z^a k_v k_{\beta}$	$P : P_y : P_x = 1 : 0,2 : 0,005$	$m=3 \dots 5$ мм; $v=10 \dots 40$ м/мин; $\beta=0 \dots 45^\circ$.
Бушуев В.В.	$P = C_p m^x p^y S^y k_v k_{\beta} k_t$	$P_{max} : P_{cp} = 1,7 \dots 2,5$	$m \geq 10$ мм; черновое в два прохода
Комаров А.А.	$P_x = 0,8p \sum F(\varphi)$ $P_y = 0,3p \sum F(\varphi)$ $P_z = p \sum F(\varphi)$	$P_z : P_y : P_x = 1 : 0,3 : 0,8$	
Копф И.А.	$P_z = C_p m^{1.4} S^{0.95} t^{1.4} v^{-0.28} K_{10} K_M^{0.8}$		

Использование этих формул за пределами их диапазона применяемости может привести к большим погрешностям расчетов. Кроме того, при зубофрезеровании наличие широкого диапазона изменения взаимосвязанных многочисленных факторов, влияющих на силы резания, делает весьма сложным получение эмпирических зависимостей.

Таким образом, возникает необходимость разработки аналитических силовых зависимостей лишенных недостатков эмпирических формул.

В связи с многообразием факторов процесса резания, изменяющихся на разных участках режущих кромок инструмента, при аналитическом определении силы резания целесообразно определить элементарные ее составляющие, действующие на бесконечно малых участках режущих кромок, то есть для плоской схемы резания [3]. Такой подход позволяет строить универсальную математическую модель силы резания. Силы резания на элементарных участках режущих кромок определяются:

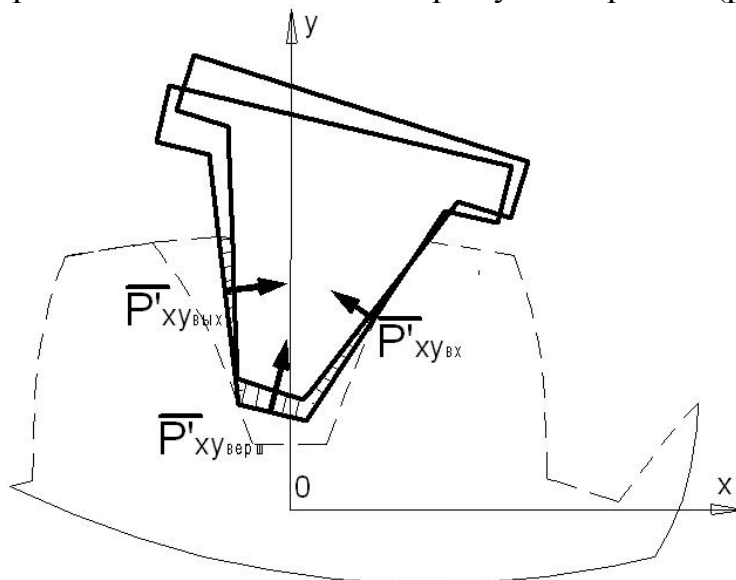
$$dP_{xy} = \frac{1.08\sigma_i a_i db}{\sin \beta_1} \sin \xi + 0.16\sigma_i db(0.5\pi\rho + l_3), \quad (1)$$

$$dP_z = \frac{1.08\sigma_i a_i db}{\sin \beta_1} \cos \xi + 0.16\sigma_i db(0.5\pi\rho + l_3)\mu, \quad (2)$$

где σ_i — интенсивность напряжений в движущемся объеме металла; a_i — толщина срезаемого слоя на элементарном участке; db — длина элементарного участка режущей кромки; β_1 — угол наклона условной плоскости сдвига; ξ — угол между линией сдвига и направлением равнодействующей dR_s ; ρ — радиус закругления вершины резца, l_3 — длина площадки затупления; μ — коэффициент трения.

Значение силы резания действующей на режущую кромку зуба фрезы может быть получено после интегрирования по рабочей длине режущей кромки выражений (1) и (2).

Суммарная сила резания будет состоять из трех составляющих: силы резания от входящей, от вершинной и от выходящей режущих кромок (рисунок).



Силы резания, действующие на зуб фрезы.

Величина и направление суммарной силы резания определяется векторным сложением сил резания, возникающих на режущих кромках зуба инструмента;

значения составляющих силы резания P_x и P_y — разложением суммарной силы резания на координатные оси O_x и O_y .

Предложенные аналитические зависимости позволяют рассчитать составляющие силы резания P_x , P_y , P_z при нарезании цилиндрических зубчатых колес. Входящий в (1) и (2) параметр: a_i — толщина срезаемого слоя является функцией угла поворота колеса, что позволяет определить величины силы резания, возникающие в любой точке профиля зуба нарезаемого колеса. Соответственно, возможно прогнозирование погрешности обработки еще на стадии проектирования зубообрабатывающих операций. Данные зависимости позволяют выявить влияние свойств обрабатываемого материала, параметров нарезаемого колеса (модуля, количества зубьев), параметров инструмента (количества заходов, угла профиля зубьев, величины износа) на величину силы резания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колев, К.С. Точность обработки и режимы резания / К.С. Колев, Л.М. Горчаков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: «Машиностроение», 1976. — 144 с.
2. Комаров, А.А. Повышение точности и производительности зубообработки крупномодульных колес путем стабилизации упругих отжатий систем СПИД: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Комаров. — Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1984. — 305 с.
3. Гузеев, В.И. Теория и методика расчета производительности контурной обработки деталей разной точности на токарных и фрезерных станках с ЧПУ: дис... докт. техн. наук / В.И. Гузеев. — Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1994. — 517 с.

ГЕОМЕТРИЯ ЗОНЫ ШЛИФОВАНИЯ И МЕХАНИКА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБДИРОЧНОМ ШЛИФОВАНИИ

А.А. Кошин, А.В. Сопельцев

Назначение обдирочного шлифования — удаление дефектного слоя с заготовок. Поэтому можно выделить две особенности, характерные для данного вида шлифования:

- отсутствие размеров, которые необходимо выдерживать в процессе обработки, то есть, нет ограничений по режимам резания, которые в свою очередь зависят от требований к точности детали и качеству получаемой поверхности;
- нет ограничений по прижогу.

В результате обдирку проводят на режимах, более интенсивных, чем при производственном шлифовании. Одной из основных задач проектирования технологического процесса является назначение условий (то есть режимов резания), обеспечивающих максимальную производительность при гарантированном выполнении требований по качеству поверхности. Поскольку при обдирке основное ограничение накладывается не качеством поверхности, а критическим значением силы резания в процессе шлифования, то производительность обуславливается физикой

процесса шлифования, то есть, процессами контактного взаимодействия шлифовального круга и обрабатываемого материала.

Для нахождения температуры и сил резания в зоне шлифования нужно знать, каким образом происходит взаимодействие шлифовального круга и детали. Вследствие того, что шлифовальный круг представляет собой конгломерат абразивных зерен и связки, получаемая поверхность формируется путем многократного пересечения рисок от всех зерен круга, участвующих в обработке. Таким образом, в отличие от лезвийной обработки, на шлифовальном круге каждое зерно является режущим инструментом со своими режущими кромками.

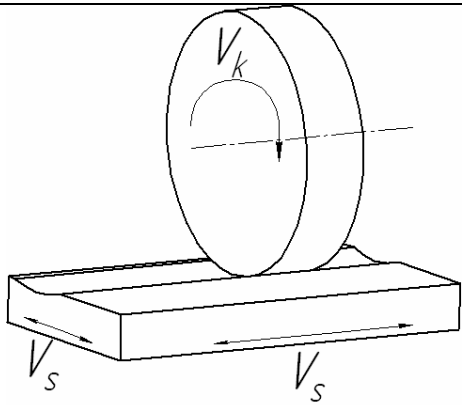
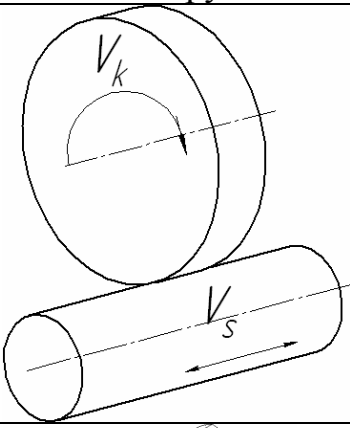
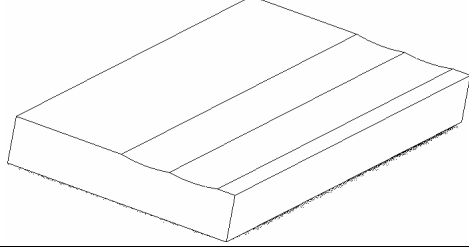
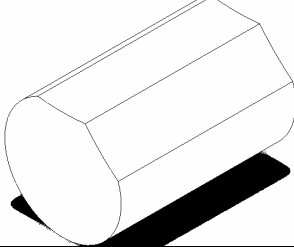
Физика процесса шлифования, а также математическое ее описание отражены в работах С.Н. Корчака [5]. Там же указывается, что для получения данных по силам резания нужно построить температурное поле, возникающее в зоне контакта при работе зерен круга.

Для получения совокупных данных по работе всех зерен в процессе обработки необходимо знать количество рабочих зерен. Это количество можно определить из развертки круга, то есть площади поверхности круга за время прохождения дуги контакта. Поэтому первичной характеристикой, необходимой при расчетах, является длина дуги контакта в процессе шлифования.

В силу наличия этих особенностей обдирочного шлифования ему соответствуют свои схемы обработки (табл. 1).

Таблица 1

Схемы наладок при обдирочном шлифовании

	Плоское	Круглое
Наладка		
Получаемая поверхность		

При плоском шлифовании периферией круга обработка ведется строчками, то есть, круг последовательно совершает продольные рабочие ходы. В результате, получаемая поверхность имеет волнообразный вид. При круглом шлифовании периферией круга обработка ведется строчками, то есть круг, последовательно со-

вершает продольные ходы вдоль детали. В результате, получаемая поверхность имеет ярко выраженную огранку.

Если же обработка ведется при постоянном вращении заготовки, то получаемая поверхность имеет вид цилиндра [1].

Данные по формулам расчета длины дуги контакта для производственного шлифования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Перечень формул расчета длины дуги контакта

Вид шлифования	Формула	Автор
Плоское	$L = \sqrt{Dt}$; (1)	Е.Н. Маслов [2]
Круглое	$L = \sqrt{\frac{Ddt}{D+d}}$; (2)	Е.Н. Маслов [2]
	$L = 0,12p^{0,23} \sqrt{\frac{Dd}{D+d}}$; (3)	Л.А. Глейзер [3]
	$L = \sqrt{Dh}$, (4)	С.Г. Редько [4]

где L — длина дуги контакта, t — глубина шлифования, D — диаметр шлифовального круга; d — диаметр детали; p — средняя сила радиального усилия, приходящаяся на одно зерно; h — глубина шлифования.

Данные формулы получены при определенных допущениях (так как, то был применен метод линеаризации данных), которые при малых глубинах $t \ll D$, d резания дают погрешность, величиной которой можно пренебречь. Сравнительный анализ погрешностей, указанных формул приведен в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение расчетов длины дуги контакта по формулам с данными 3D моделирования при следующих исходных данных: $D=300$, $d=80$, $t=0,015$

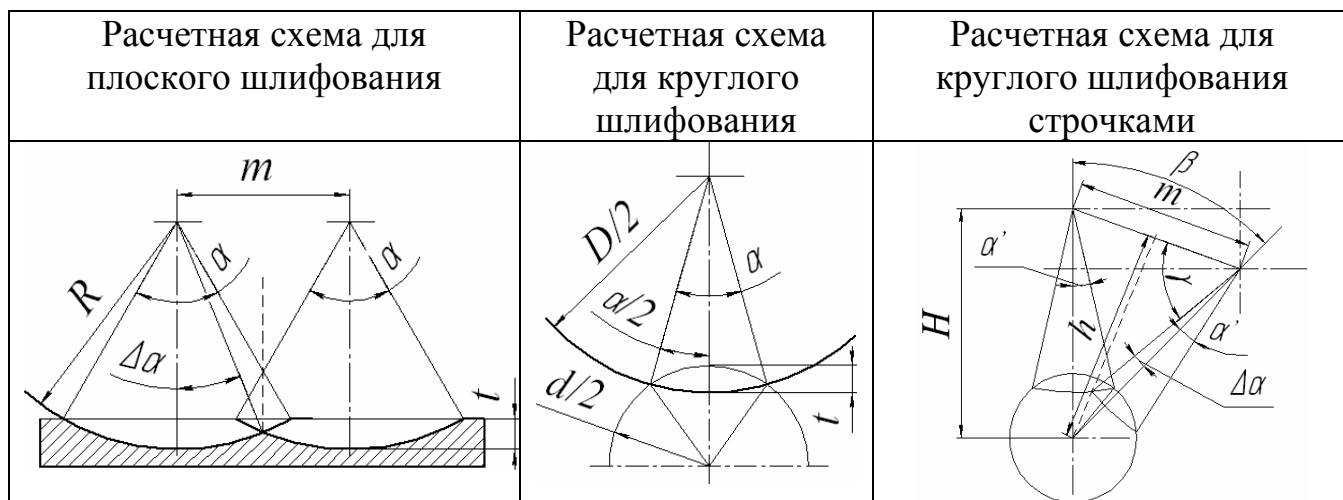
формула	Вид шлифования			
	Плоское		Круглое	
	Результат расчета, L	Погрешность, %	Результат расчета, L	Погрешность, %
Расчетная, 3D	4,243		1,947	
Е.Н. Маслова	4,242	0,008	1,946	0,017
С.Г. Редько			2,121	8,217

Режимы резания при обдирочном шлифовании значительно отличаются от производственного (подача, глубина резания и т.д.). Для данного вида шлифования нельзя использовать метод линеаризации (величины t , D , d — соизмеримы), по-

этому необходимо вывести формулы расчета длины дуги контакта, соответствующие режимам обдирки. Вследствие этого предлагается находить длину дуги контакта по углу дуги. Расчетные схемы представлены в табл. 4, где α – угол дуги контакта; l_x – длина хорды дуги контакта; R – радиус шлифовального круга; m – линейное перемещение круга (шаг строчек для формулы 7), соответствующее угловому перемещению детали на угол β ; β – угловой шаг поворота детали; h , γ – вспомогательные величины; $\Delta\alpha$ – угол усеченной части дуги; α' – угол, соответствующий половине угла полной дуги рассчитывается по формуле (10), $\Delta\alpha$ необходим для расчета α у неполной дуги.

Таблица 4

Расчетные схемы для плоского и круглого видов шлифования



Используя аппарат аналитической геометрии, для плоского и круглого шлифования получены расчетные формулы для определения длины полной и усеченной дуг контакта (табл. 5).

Таблица 5

Сводные данные по полученным формулам

	Основная формула	Промежуточные формулы
Плоское	$L = \frac{\pi D}{360} \alpha$, (5)	$\alpha = 2 \cdot \arccos \frac{R - t}{R}$; (6)
		$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{l_x^2}{2 \cdot R^2} \right)$; (7)
		$l_x = 2 \cdot \sqrt{Dt - t^2}$; (8)
		$\Delta\alpha = \arcsin \frac{m}{D}$. (9)
Круглое	$L = \frac{\pi D}{360} \alpha$	$\alpha = 2 \cdot \arccos \left(1 - \frac{t}{D} + \frac{t(D-d)}{D(D+d-2t)} \right)$, (10)

Круглое, строчками	$L = \frac{\pi D}{360} \alpha$	$H = D/2 + d/2 - t;$ (11)
		$m/2 = H \cdot \sin \beta / 2;$ (12)
		$h = 0,5\sqrt{D^2 - m^2};$ (13)
		$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{D^2 - m^2}}{m};$ (14)
		$\Delta\alpha = \frac{180^\circ - \beta}{2} - \gamma;$ (15)
		$\alpha = \alpha' + \Delta\alpha;$ (16)
		$\alpha' = \arccos \left(1 - \frac{t}{D} + \frac{t(D-d)}{D(D+d-2t)} \right).$ (17)

Примечание: при обработке строчками можно применить формулы (11) – (17), а расчет по этим формулам можно производить при $\beta \geq \alpha'$.

Из сравнения ранее известных формул и полученных новых, приведенных в табл. 6, видно, что новые формулы при обдирочном шлифовании дают погрешность соизмеримую с погрешностью, которую давали ранее используемые формулы для продукционного шлифования.

Таблица 6

Сравнение результатов расчета по полученным формулам с данными 3D моделирования при следующих исходных данных: $D=300$, $d=80$, $t=2$

формула	Вид шлифования			
	Плоское		Круглое	
	Результат расчета, L	Погрешность, %	Результат расчета, L	Погрешность, %
Расчетная, 3D	49,044		22,32	
Расчетная, новая	49,044	0,0007	22,318	0,008
Е.Н. Маслова	48,989	0,110	22,478	0,708
С.Г. Редько			24,494	9,744

В результате были получены формулы для расчета длин дуг контакта, которые обеспечивают высокую точность и просты в применении. Поэтому предлагается их использовать для расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков, Б.Т. Обдирочное шлифование проката / Б.Т. Горшков. — М.: Металлургия, 1991. — 176 с.

2. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. — М.: Машиностроение, 1974. — 320 с.
3. Глейзер, Л.А. О сущности процесса шлифования: автореферат дис. ... канд. техн. наук / Л.А. Глейзер. — М.: Мосстанкин, 1955. — 211 с.
4. Редько, С.Г. Процессы теплообразования при шлифовании металлов / С.Г. Редько. — Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1962. — 253 с.
5. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. — М.: Машиностроение, 1974.— 280 с.

МЕХАНИКА ТОРЦОВОГО ШЛИФОВАНИЯ УГОЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

М.Н. Гатитулин, В.М. Анфалов, С.С.Панов

Торцовое шлифование как финишная обработка доменных и боковых блоков находит большое применение в электродной промышленности для достижения высокой плотности их сопряжения при сборке доменных печей и алюминиевых электролизов [1]. На данном этапе развития торцового шлифования применяются круговое и планетарное вращения отдельных абразивных и алмазных элементов. На электродных заводах используется только круговое торцовое шлифование. В настоящей работе проведен сравнительный анализ механики этих вариантов шлифования и приведены результаты их диагностических испытаний при шлифовании угольного материала. Особенностью угольного материала как объекта обработки резанием является его высокая абразивность. Это вызывает повышенный износ твердосплавного инструмента [2] и низкое качество обработанных им поверхностей. Износ при шлифовании деталей из абразивных материалов алмазно-абразивными инструментами разделяется на одновременно протекающие фазы [3]: износ алмазных зерен вследствие абразивного воздействия обрабатываемого материала; микроскалывание и разрушение зерен вследствие механических и термических напряжений; механическое удаление (вырывы) алмазных зерен из связки; абразивный износ связки от продуктов разрушения. Повышение работоспособности алмазного инструмента достигается путем выполнения его рабочих поверхностей прерывистыми, с программированным расположением на них алмазных режущих элементов в виде ромбов, квадратов, полос, разделенных безалмазными клиновыми промежутками. Форма, размеры и шаг алмазоносных режущих элементов выбираются в зависимости от характеристики алмазов, механических свойств обрабатываемых материалов, режимов резания и требований к качеству обрабатываемой поверхности [4]. Механика работы анализируемых инструментов рассматривается при симметричном расположении заготовки относительно инструментов: вектора скоростей и сил резания рассмотрены в центре дуги контакта инструмента с заготовкой. Торцовый шлифовальный инструмент состоит из корпуса 1 с алмазосодержащими элементами 2 (рис. 1) на его торце.

Корпус 1 крепится на торце шпинделя 3 станка, а заготовка 4 – на его столе. В процессе обработки корпус 1 совершает вращательное главное движение D_T

резания, а заготовка 4 – поступательное движение D_s подачи. Алмазосодержащий элемент 2 производит шлифование заготовки 4, При этом траектория отдельно взятого алмазного зерна представляет собой дугу окружности радиусом R на ширине B заготовки 4.

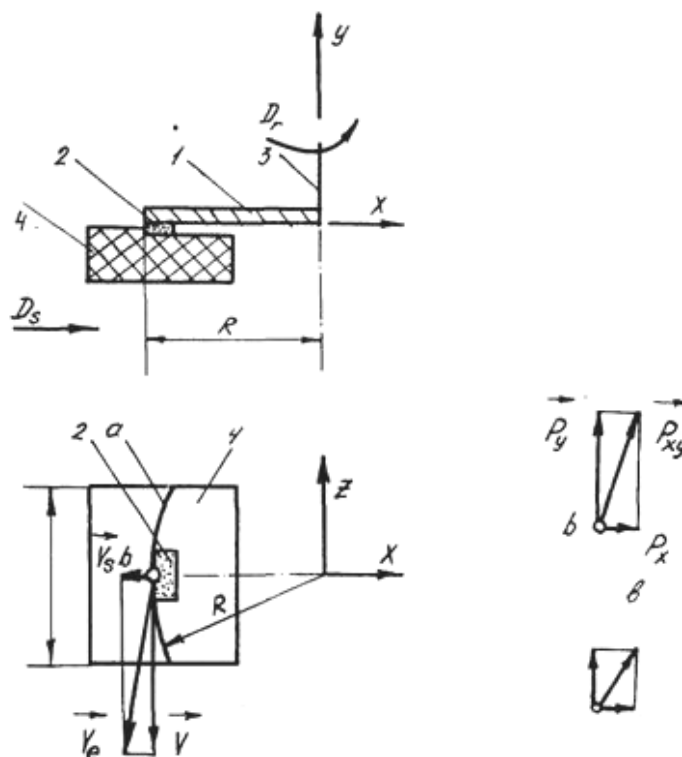


Рис. 1. Схемы шлифования, скорости и силы при торцовом планетарном шлифовании

Скорость V_e результирующего движения резания в векторной форме определяется уравнением

$$\vec{V}_e = \vec{V} + \vec{V}_{s1}, \quad (1)$$

где V_e – вектор скорости результирующего движения резания; V – вектор скорости главного движения резания; V_s – вектор скорости движения подачи.

На инструмент действует сила резания P , в декартовой системе координат $хуz$ она состоит из тангенциальной P_z , осевой P_y и радиальной P_x составляющих, показанных на рис. 1. Тангенциальная сила P_z определяет работу шлифования и состоит из суммы сил [4]:

$$P_z = N_z + F_{z1} + F_{z2} + F_{zb}, \quad (2)$$

где N_z – нормальная тангенциальная сила на разрушение припуска; F_{z1} – тангенциальная сила трения алмазных зерен об обрабатываемый материал; F_{z2} – тангенциальная сила трения обрабатываемого материала и стружки по поверхности инструмента (связке); F_{zb} – тангенциальная сила выноса стружки из зоны резания.

Сила N_z составляет 12 – 16 % от общего значения силы P_z , поэтому дальнейшее улучшение процесса шлифования необходимо производить в первую очередь в направлении уменьшения силы F_{z2} , так как сила F_{zb} не превышает 1% от общей силы P_z , а сила F определяется коэффициентом трения между контактирующими материалами.

Планетарный шлифовальный инструмент, показанный на рис. 2, состоит из корпуса 1 с подшипниковыми узлами 2, равномерно расположенными на его периферии. Узлы 2 содержат шпиндели 3 с алмазосодержащими элементами 4 круглой формы и шестерни 5. Корпус 1 установлен в шпинделе 6 вертикально-фрезерного станка, на пиноли 7 которого закреплено зубчатое колесо 8, образующее с шестернями 5 внешнее зацепление. Шпиндели 3 расположены под углом $\xi \geq 2^\circ$ к шпинделю 6 станка, что обеспечивает контакт круглых элементов 4 с обрабатываемой заготовкой 9 периферийными участками, максимально удаленными от оси вращения инструмента.

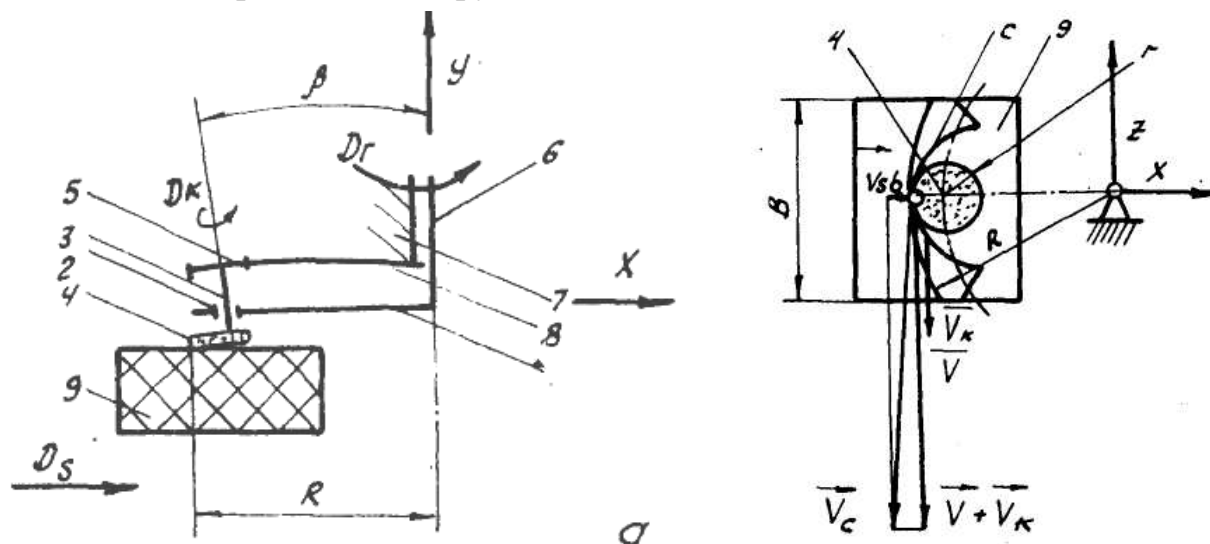


Рис. 2. Схемы шлифования, скорости и силы при торцовом планетарном шлифовании

В процессе обработки корпус 1 вместе со шпинделем 6 станка вращается в направлении D_f главного движения резания, а заготовка 9 совершает поступательное движение D_s подачи. Круглые шлифовальные элементы 4 вращаются вместе с корпусом 1 и одновременно — в подшипниковых узлах 2, вследствие обкатки шестерен 5 по колесу 8. Вращение шлифовальных элементов 4 в подшипниковых узлах 2 является касательным движением D_k резания, направление его совпадает с движением D_f резания. Вращательное движение D_f шлифовальных элементов 4 совместно с корпусом 1 является переносным угловым движением, а их движение D_k в подшипниковых узлах 2 — относительным угловым движением. Результирующая скорость резания при планетарном шлифовании, показанная на рис.2 в векторной форме, равна [5]:

$$\vec{V}_e = \vec{V}_k + \vec{V}_{sl} \quad (3)$$

где V_k — вектор скорости касательного движения резания.

При планетарном шлифовании траектория отдельного алмазного зерна представляет собой эпициклоиду. Поверхность резания, также как и в первом случае, представляет собой дугу окружности радиусом R . Отдельно взятое периферийное алмазное зерно вступает в контакт с обрабатываемым материалом пологой ветвью эпициклоидной траектории. Поэтому алмазное зерно с заготовкой 9 имеет кратковременный контакт, а резание обрабатываемого материала осуществляется как на входе, так и на выходе зерна «Б» из контакта. В общем виде сила P_z при планетарном шлифовании также определяется уравнением (2). При одинаковых размерах радиусов R обоих инструментов и режимов обработки результирующая скорость V_p планетарного шлифования будет выше скорости V_e торцового кругового шлифования на значение скорости V_k . Повышение скорости V_e характеризуется снижением силы P резания [6], поэтому определить, какой из вариантов шлифования менее энергоемкий, невозможно, если нет данных экспериментальных работ по динамике шлифования. Динамометрические исследования по определению составляющих силы резания проводились на вертикально-фрезерном станке модели 6М12П с использованием динамометрической установки, включающей специальный динамометрический стол, регулируемый блок питания модели «Агат-2», модернизированный тензоусилитель модели «Топаз-3», коммутационный кабель и быстродействующий самописец модели Н338-4П.

Диапазон измеряемых усилий резания составил 0...2000 Н для сил P_x и P_y и 0...4000 Н для силы P_z . Максимальная рабочая частота измеряемой нагрузки – до 150 Гц; погрешность измерения – не более 2 % на всех диапазонах. Тарировка тензостолы выполнялась приложением статистической нагрузки с помощью динамометра образцового модели ДОСМ-03 на станке перед проведением экспериментальных работ. Шлифование угольной заготовки шириной 0,21 м проводилось при ее симметричном расположении относительно оси шпинделя станка. Торцовый шлифовальный инструмент имел диаметр 0,230 м. Торцовый планетарный инструмент имел диаметр 0,25 м при диаметре круглых шлифовальных элементов 0,05 м и передаточном отношении механической зубчатой передачи, равной 4. Угол ρ наклона шпинделей подшипниковых узлов к шпинделю станка равен 2° . Шлифовальные инструменты были оснащены алмазными элементами АЗ 630/500 50 М50. Замеры составляющих силы резания на диаграммах осуществлялись по 5 максимальным значениям. Обработка опытных данных производилась 4Ц^ с использованием программы по аппроксимации результатов испытаний функцией степенного вида $P = \alpha \times x^{\alpha 1}$. Определение частных функциональных зависимостей осуществлялось от параметров режимов обработки: глубины резания t , скорости резания V и скорости подачи V_s . Учитываемые параметры резания, при постоянстве остальных, позволяют с достаточной точностью сравнить исследуемые варианты шлифования углеродного материала. Все полученные частные функциональные зависимости $P_i = f(t, V, V_s)$ были использованы при выводе обобщенного уравнения для нахождения общей силы резания общепринятыми способами [6]

$$P = C_p \times t^{\beta 1} \times V_s^{\beta 2} \times V^{\beta 3} . \quad (4)$$

Результаты сравнительных экспериментальных работ и полученные при этом частные эмпирические зависимости представлены в табл.1 и рис. 3, где индексом «т» обозначены силы при торцовом круговом шлифовании, индексом «п» — при планетарном шлифовании. Для обоих видов шлифования характерно монотонное возрастание сил резания при увеличении глубины t резания и скорости V_s подачи и их уменьшение при увеличении скорости V резания рис. 3.

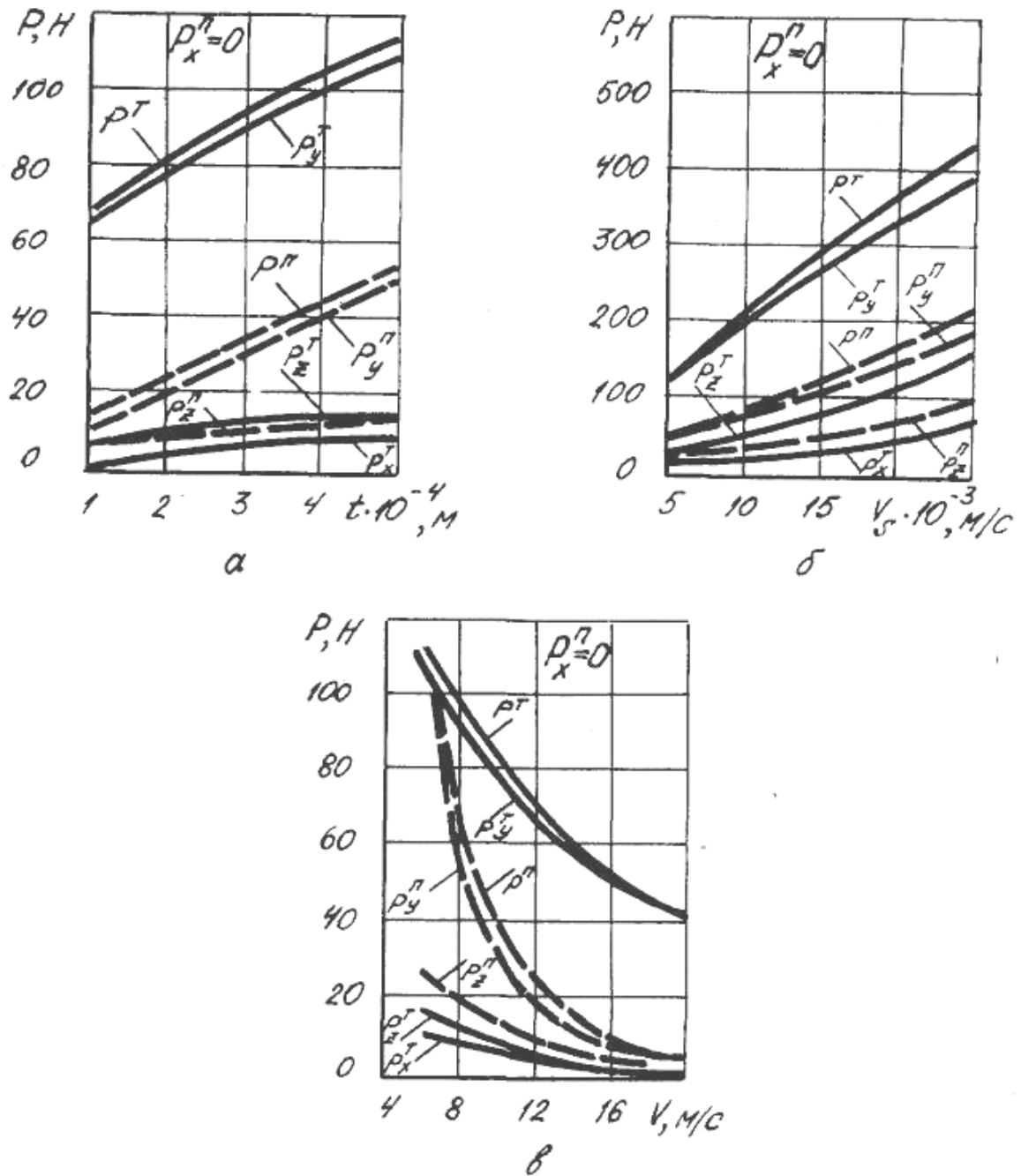


Рис. 3. Зависимости составляющих сил резания:
а – от величины припуска; б – от скорости подачи; в – от скорости резания

Общей отличительной особенностью планетарного шлифования по отношению к торцовому круговому шлифованию во всех исследуемых диапазонах изме-

рения режимов обработки является отсутствие радиальной P'' составляющей силы резания. Абсолютные значения составляющих силы резания для обоих видов шлифования подчиняются неравенству:

$$P_x < P_z < P_y, \quad (5)$$

то есть составляющие P_y являются максимальными. Это предопределяет интенсивный износ шлифовальных инструментов, так как силы F_{z1} и F_{z2} по уравнению (2) являются производными от составляющей силы резания P_y . Возможно также соотношение между этими силами

$$F_{z1} + F_{z2} = (f_1 + f_2) \times P_y, \quad (6)$$

где f_i – коэффициент трения между трущимися материалами.

Таблица 1

Частные функциональные зависимости при шлифовании

Торцовым кругом	Планетарным кругом
$P_i = f(t)$ (рис. 3а)	
$P^r = 1499,387 \times t^{0.343}$	$P^n = 37571,456 \times t^{0.871}$
$P_y^r = 1412,647 \times t^{0.337}$	$P_y^n = 99999,999 \times t^{0.999}$
$P_z = 3470,7341 \times t^{0.707}$	$P_z = 81,647 \times t^{0.267}$
$P_x = 559565,696 \times t^{0.436}$	
$P_i = f(V_s)$ (рис. 3б)	
$P^r = 8909,626 \times V_s^{0.819}$	$P^n = 5662,318 \times V_s^{0.902}$
$P_y^r = 7206,977 \times V_s^{0.782}$	$P_y^n = 4339,972 \times V_s^{0.858}$
$P_z^r = 47641,936 \times V_s^{1.518}$	$P_z^n = 10929,17 \times V_s^{1.292}$
$P_x^r = 2750,26 \times V_s^{1.058}$	
$P_i = f(V)$ (рис. 3в)	
$P^r = 414,982 \times V^{0.717}$	$P^n = 21582,878 \times V^{2.774}$
$P_y^r = 407153 \times V^{0.714}$	$P_y^n = 43843,445 \times V^{3.313}$
$P_z^r = 1458,516 \times V^{2.248}$	$P_z^n = 919,436 \times V^{1.86}$
$P_x^r = 101,426 \times V^{1.279}$	
$P_i = f(t, V_s, V)$	
$P^r = 4 \times 10^5 \times t^{0.34} \times V_s^{0.82} \times V^{0.72}$	$P^n = 0.32 \times 10^{10} \times t^{0.87} \times V_s^{0.9} \times V^{2.33}$

Средний коэффициент K абразивного резания, определяемый в зависимости от составляющих сил резания, представлен в табл. 2.

$$K = P_z / P_y \quad [6], \quad (7)$$

Таким образом, отношение сил резания при планетарном шлифовании к силам резания при торцовом шлифовании во всем исследуемом диапазоне меньше единицы, что снижает энергоемкость процесса планетарного шлифования. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали преимущества планетарного инструмента по отношению к круговому торцовому.

Средний коэффициент абразивного резания при шлифовании

Торцовым кругом	Планетарным кругом
$K_t^r=0.43$	$K_t^n=0.12$
$K_{vs}^r=0.39$	$K_{vs}^n=0.27$
$K_v^r=0.53$	$K_v^n=0.12$
$K^r=0.45$	$K^n=0.17$

С учетом исследований [7, 8] возможно реализация комбинированного фрезерно-шлифовального планетарного инструментов для обработки любых строительных материалов, например на оборудовании по обработке гранитных и мраморных плит и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обработка блочной угольной продукции алмазным инструментом / П.С. Пермяков [и др.]. // Повышение качества и эксплуатационной стойкости углеродной продукции: тез. докл. V Всесоюз. науч.-техн. конф. электродной промышленности. – Челябинск, 1983. – С. 272 – 275.
2. Лельчук, С. М. Исследование процесса стружкообразования, сил резания и стойкости инструмента при точении углеграфитовых материалов электродного производства: автореферат дис. ... канд. техн. наук / С.М. Лельчук. – Тбилиси, 1970. – 18 с.
3. Александров, В. А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом / В.А. Александров. – Киев: Наук. думка, 1979. – 240 с.
4. Синтетические сверхтвердые материалы / Под ред. Н. В. Новикова. – Киев: Наук. думка, 1986. Т.3: Применение синтетических сверхтвердых материалов. – 279 с.
5. Терлецкий, Я. П. Теоретическая механика / Я.П. Терлецкий. – М., 1987. – 60 с.
6. Грановский, Г. И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. школа, 1985. – 304 с.
7. Гатитулин, М.Н. Технологические возможности торцовых планетарных инструментов / М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 39 – 44.
8. Гатитулин, М.Н. Ротационные режущие инструменты / М.Н. Гатитулин, В.И. Портнягин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 33 – 39.

УЧЕБНАЯ ГИБКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

С.В. Шереметьев, С.С. Панов, П.Г. Мазеин

Создана учебная гибкая производственная система с компьютерным управлением, содержащая станки с ЧПУ, роботы, склад-накопитель заготовок и связывающую их систему управления на базе компьютеров, отличающаяся тем, что она снабжена комплексом станков с ЧПУ, включающем, по крайней мере, два – три станка с ЧПУ одного или разных типов, причем каждый из роботов связан более чем с одним станком с ЧПУ, а также тактовые столы в качестве накопителей заготовок и инструмента, каждый из которых связан с роботами и системой управления, при этом приводы и электроавтоматика станков, роботов, тактовых столов-накопителей и компьютерные устройства ЧПУ станков и роботов взаимосвязаны между собой распределенной локальной компьютерной сетью на базе персональных компьютеров, комплекс станков с ЧПУ может включать токарные, фрезерные или многооперационные станки с накопителями заготовок разного типа.

Известна учебная гибкая производственная система, включающая станки с ЧПУ, роботы, склад заготовок, общую систему управления [1]. Гибкая производственная система содержит пять аппаратно-независимых робототехнических модулей: автоматизированный склад (накопитель заготовок), роботизированный центр фрезерной обработки, роботизированный сборочный центр, роботизированный центр токарной обработки, энергонезависимый транспортный робот. Все модули управляются на базе промышленных компьютеров, соединенных общей локальной вычислительной сетью между собой и с главной ЭВМ. Каждый модуль ориентирован на выполнение определенных технологических операций и может функционировать как в составе ГПС, так и абсолютно независимо.

Недостатками такой конструкции ГПС являются: невозможность обслуживания одним роботом более одного станка, отсутствие тактовых столов-накопителей заготовок и инструмента, отсутствие многооперационных станков, применение промышленных компьютеров, имеющих высокую стоимость, что снижает функциональные и дидактические возможности учебной ГПС и доступность для большинства учебных заведений.

Техническая задача расширения функциональных и дидактических возможностей ГПС, снижение стоимости ГПС решается тем, что гибкая учебная производственная система, содержащая станки с ЧПУ, роботы, склад-накопитель заготовок и связывающую их систему управления на базе компьютеров снабжена комплексом станков с ЧПУ, включающем, по крайней мере, два – три станка с ЧПУ одного или разных типов, причем каждый из роботов связан более чем с одним станком с ЧПУ, а также тактовые столы в качестве накопителей заготовок и инструмента, каждый из которых связан с роботами и системой управления, при этом приводы и электроавтоматика станков, роботов, тактовых столов-накопителей и компьютерные устройства ЧПУ станков и роботов взаимосвязаны между собой

распределенной локальной компьютерной сетью на базе персональных компьютеров. Система может включать только токарные или фрезерные станки или токарные и фрезерные станки или токарные, фрезерные и многооперационные станки. Тактовые столы могут быть накопителями заготовок разного типа.

Компоновка ГПС показана на рис. 1. В состав приведенного образца учебной ГПС с минимальным набором оборудования входят: учебный сверлильно-фрезерный станок 1 с компьютерной системой ЧПУ; учебный токарный станок 2 с компьютерной системой ЧПУ; система управления с управляющим компьютером; учебный робот 3 с компьютерной системой ЧПУ; устройство 4 для накопления заготовок в виде тактового стола; склад-накопитель 5 заготовок; устройство автоматизированного зажима инструмента; устройство 6 для накопления инструмента.

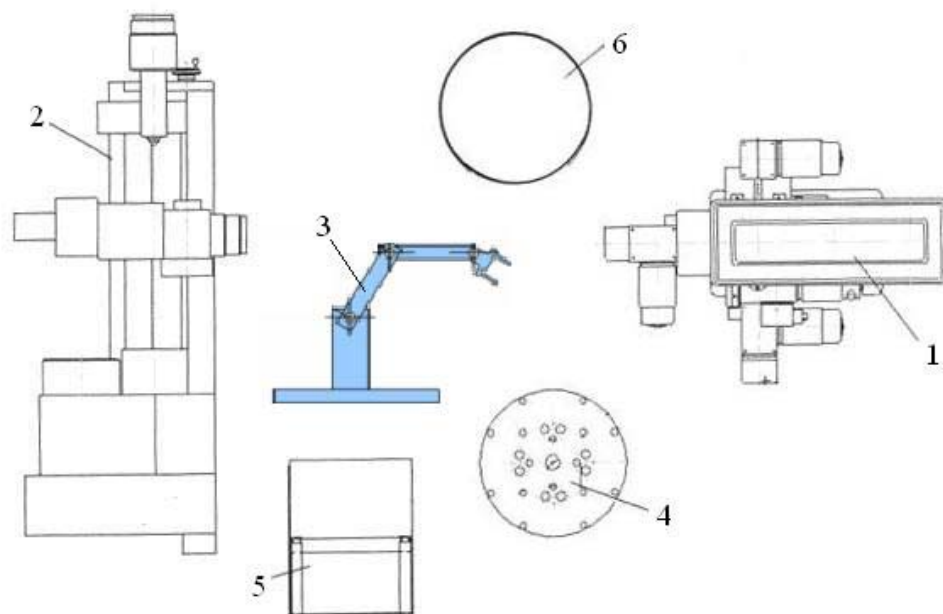


Рис. 1. Компоновка ГПС

В комплекс станков с ЧПУ могут быть включены учебный токарный станок по патенту на полезную модель № 35456 (один или два станка), учебный сверлильно-фрезерный станок по патенту на полезную модель № 35457 (один или два станка), учебный фрезерный станок по патенту на полезную модель № 49640 (один или два станка), учебный сверлильно-фрезерный станок по патенту на полезную модель № 50030 (один или два станка), учебный сверлильно-фрезерный станок по патенту на полезную модель № 50329 (один или два станка).

Система автоматизированной смены инструмента включает тактовый магазин-накопитель инструмента, устройство разжима патрона, установленное на стойке сверлильно-фрезерного станка и использует учебный робот для смены инструмента в патроне. В данной модели ГПС может использоваться робот с ангулярной и цилиндрической системой координат.

Автоматизированную смену заготовок или паллет с заготовками обеспечивает робот. Паллеты с заготовками устанавливаются на 4-х позиционном тактовом столе-накопителе. Робот поочередно устанавливает паллеты в зажимное приспособление фрезерного станка, после зажима паллеты в зажимном приспособлении станка, хват робота разжимается и рука робота возвращается в исходное положение.

Этапы цикла смены заготовок аналогичны этапам смены инструмента. Склад предназначен в основном для накопления заготовки типа тел качения, тактовые столы – в основном для заготовок других типов, в том числе, установленных на паллетах.

Управление автоматизированной сменой инструмента и заготовок, как и всей ГПС, обеспечивается по командам персонального компьютера.

Работа ГПС осуществляется следующим образом. Управляющая программа робота обеспечивает следующий цикл работы системы автоматизированной смены инструмента [8 – 11]:

- робот захватывает инструментальную оправку (цангу с инструментом), находящуюся в позиции смены инструментального магазина;
- производится зажим схвата робота (зажим инструментальной оправки);
- рука робота перемещается вверх, вытаскивая оправку из гнезда магазина;
- по всем осям станка обеспечивается перемещение, необходимое для смены инструмента (в положение не мешающее по поводу оправки с инструментом);
- робот перемещает оправку в положение, соосное шпинделю станка;
- зажимное устройство разжимается;
- движением вверх робот вводит хвостовик оправки в патрон;
- зажимное устройство зажимает хвостовик инструментальной оправки в патроне;
- разжимается хват робота;
- рука робота возвращается в исходное положение;
- управление передается управляющей программе станка – происходит обработка детали;
- если в очередном кадре УП имеется команда смены инструмента, узлы станка по всем осям перемещаются в положение смены и управление передается программе робота;
- робот захватывает схватом инструментальную оправку;
- происходит зажим схвата;
- зажимной механизм разжимает оправку;
- робот вытаскивает оправку из патрона и переносит ее в то же свободное гнездо магазина;
- происходит разжим схвата;
- рука робота возвращается в исходное положение;
- стол поворачивается, пока в позицию смены не установится заданный в УП станка инструмент.

Далее все движения повторяются. Робот, кроме того, имеет возможность в соответствии с управляющей программой:

- захватывать паллеты с заготовками из позиции смены заготовок стола и устанавливать их в зажимное приспособление фрезерного станка, а также извлекать паллету из приспособления и устанавливать на тактовый стол.
- выполнять извлечение заготовки из склада и установку ее в центр токарного станка, а также возврат обработанной заготовки в склад или установку ее в зажимное приспособление фрезерного станка.

Управление ГПС осуществляется от персонального компьютера через управляющие – силовые блоки, получающие питание от сети 220 В.

Управление циклом работы ГПС выполняется компьютерной системой ЧПУ класса PR CNC, которая аппаратно реализована на базе системного блока компьютера и блоков управления станков. На компьютерных имитаторах устройства ЧПУ (УЧПУ) реализуются все функции по наладке и программированию станков и ГПС: установка нужного инструмента, ввод и редактирование управляющей программы (УП), выход в нуль станка, ввод корректоров и параметров, взаимосвязь систем координат УЧПУ, станка и детали, все режимы и подрежимы имеющихся УЧПУ, обработка виртуальной детали с использованием всех функций программирования, в том числе, сплайновой интерполяции, технологическое диагностирование управляющих программ по условиям обработки и требованиям чертежа детали, замена заготовки и инструмента. От того же имитатора УЧПУ выполняется ввод управляющих импульсов и управление реальной ГПС для обработки реальной детали на станках ГПС. На базе одного из станков, робота и накопителей можно обеспечить функционирование системы в статусе гибкого производственного модуля (ГПМ).

Функциональные и дидактические возможности учебной ГПС позволяют применять ее в учебном процессе при лекционных, практических, лабораторных, учебно- и научно- исследовательских работах для :

- изучения вариантов состава, структуры и компоновки станочных систем;
- изучения системы управления;
- изучения программирования;
- исследования отказов;
- изучения конструкции устройств и механизмов станочных систем;
- – получения навыков программирования работы ГПС;
- – разработки и оптимизации циклограмм ГПС;
- – изучения роботов;
- – изучения электроавтоматики;
- – оценки технико-экономической эффективности станочных систем;
- – проверки расчетных методик;
- – разработки вариантов компоновок и конструкций механизмов ГПМ и ГПС;
- – разработки 3D моделей станочных систем и их механизмов;
- – разработки имитационных моделей;
- – разработки математических моделей.
- – получать знания по резанию, инструменту, станкам, технологии обработки конструкционных материалов, электроприводам, электроавтоматике, информаци-

онно-измерительным системам, системам ЧПУ, современным информационным технологиям;

– – приобретать умения и навыки по программированию и наладке станков с ЧПУ, режимам и технологии обработки деталей на станках, по наладке и эксплуатации электроприводов и систем управления;

– – проводить учебно- и научно-исследовательские работы по резанию, инструменту, станкам, технологии обработки деталей, электроавтоматике, системам ЧПУ моделированию динамики приводов и системы управления др.

С помощью созданной станочной системы можно более эффективно решать задачи подготовки бакалавров, инженеров и магистров, а также обеспечивать мелкосерийное производство мелких изделий из пластмасс и дерева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров, И.М. Система дистанционного обучения по робототехнике и мехатронике на базе современных информационных технологий / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. — М.: Московский государственный университет радиотехники, электроники и автоматики: Educational Technology & Society 7(3), 2004.

2. Пат. 35456 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный токарный станок с компьютерной системой ЧПУ / П.Г. Мазеин, В.С. Столяров, С.В. Шереметьев, С.К. Сергеев. Заявка N2003128178/20, приоритет от 22.09.03. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 10. 01.04.

3. Пат. 35457 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ / П.Г. Мазеин, В.С. Столяров, С.А. Псарев, Ю.С. Песоцкий. Заявка N2003128179/20, приоритет от 22.09.03. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 10.01.04.

4. Пат. 49640 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ / П.Г. Мазеин, С.С. Панов. Заявка N2005117406, приоритет от 06.06.05. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 27.11.05.

5. Пат. 50030 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ / П.Г. Мазеин [и др.]. Заявка N200512324, приоритет от 21.06.05. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 10.12.05.

6. Пат. 50329 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ / П.Г.Мазеин [и др.]. Заявка N2005124439/22, приоритет от 01.08.05. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 27.12. 05.

7. Пат. 50329 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 В 5/00, G 09 В 19/00. Учебный токарный станок с компьютерной системой ЧПУ

/ С.С. Панов, П.Г. Мазеин, Заявка N2006100366/22, приоритет от 10.01.06. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 10.01.06.

8. Мазеин, П.Г. Автоматизированный разжим инструмента в шпинделе станка с компьютерным управлением / П.Г. Мазеин, С.Р. Сайфутдинов // III Международная научно-техническая конференция “Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении” (МКТМ-2005). – Тюмень. – С. 119–120.

9. Мазеин, П.Г. Автоматизированная смена инструмента в шпинделе станка с компьютерным управлением / П.Г. Мазеин, С.Р. Сайфутдинов // III Международная научно-техническая конференция “Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении”(МКТМ-2005). – Тюмень. – С. 121–122.

10. Мазеин, П.Г. Устройства гибкого производственного модуля на базе сверлильно-фрезерного станка / П.Г. Мазеин, П.Г., А.В. Шереметьев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 68–72.

11. Пат. 56035 Российской Федерации на полезную модель, МПК⁷ G 09 B 5/00, G 09 B 19/00. Учебная гибкая производственная система с компьютерным управлением / П.Г. Мазеин, А.В. Шереметьев, С.Р. Сайфутдинов. Заявка N2006107959/22, приоритет от 13.03.06. Зарегистрировано в Госреестре полезных моделей РФ 27.07. 06. Срок действия 13.03.11.

ДИНАМИКА РОТАЦИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. Н. Гатитулин, И.А. Петрухнов

В электродной промышленности изготавливают специфический конструкционный материал – электродный графит. При относительно невысоких механических свойствах он обладает абразивными свойствами, поэтому стойкость режущих инструментов при его обработке ниже, чем при обработке рядовых чугунов и сталей [1]. Одним из путей резкого повышения стойкости режущих инструментов при обработке углеродных материалов является использование ротационных инструментов [2].

Вращение режущих чашек в подшипниковых узлах осуществляется принудительно, от специального привода либо самовращением под действием тангенциальных составляющих сил резания [3, 4]. Принудительное вращение обеспечивает стабильную механику процессов резания, но усложняет конструкцию инструмента. Режим самовращения характеризуется меньшей стабильностью обработки, но упрощает инструмент и его обслуживание, в частности переточку режущих лезвий.

При резании любых материалов определенный интерес представляют определенные составляющие силы резания, необходимые для проектирования инструментов и назначения режимов обработки. Для углеродных материалов важное

значение имеет предупреждение (исключение) скалывания и выкашивание отдельных участков заготовки при выходе из нее инструмента.

Для получения сведений о составляющих силы резания при ротационном фрезеровании электродного графита были проведены экспериментальные исследования.

Фреза (рис. 1) обеспечивает резание в режиме принудительного вращения режущих элементов в подшипниковых узлах с кинематическим коэффициентом k равном единице [5]. Конструкция инструмента обеспечивает также жесткое крепление режущего элемента без его вращения.



Рис. 1. Ротационная фреза

Режущие элементы были выполнены из углеродистой инструментальной стали У10А, твердостью HRC 52..55, диаметром 40 мм. Диаметр фрезы – 215 мм; число подшипниковых узлов для режущих чашек – 6. Передний угол установки режущей чашки $\gamma_{уст} = -5^{\circ}$. Фрезеровались заготовки шириной 150 мм по симметричной схеме. Диапазон режимов резания был определен на этапе предварительных исследований и составил: скорость резания – 21,3...270 м/мин; скорость подачи – 25...400 мм/мин; глубина резания – 1...3 мм.

Исследования осуществлялись на вертикально-фрезерном станке модели 6М12П с применением динамометрической установки (рис. 2) включающей динамометрический стол 1, блок питания 2 модели «А-2», модернизированный тензоусилитель 3 модели «Топаз – 3», коммутационный кабель 4, быстродействующий самописец 5 модели 4338-417. Рабочий частотный диапазон установки составлял до 150 Гц. Тарировка установки осуществлялась статическим приложением нагрузки динамометром ДОСТ-03 перед, и после проведения измерений.

Эксперименты проводились по однофакторной схеме по составляющим F_x, F_y, F_z силы резания с последующим получением общей зависимости. Обработка результатов экспериментов осуществлялась по общепринятым методикам [6], на рис. 3 – 8 приведены полученные результаты. Математическая обработка полученных результатов позволила получить зависимость составляющих силы резания от глубины резания.

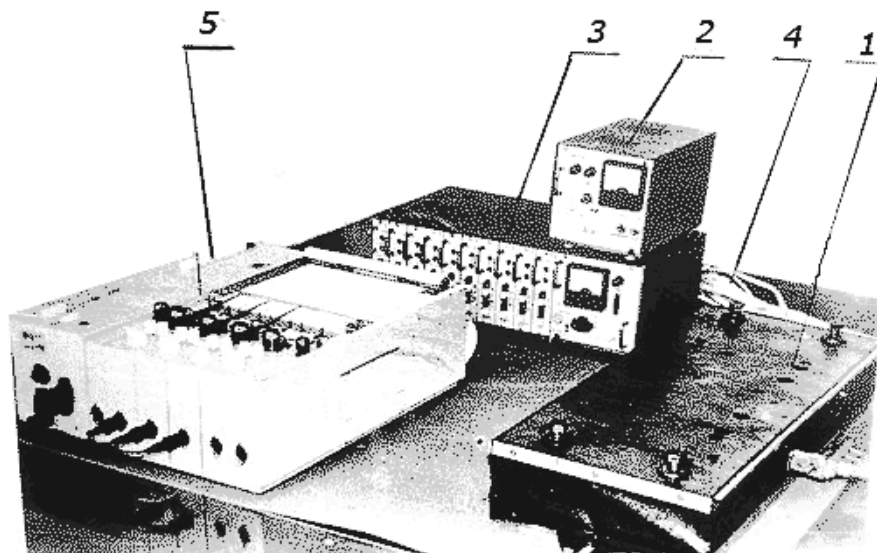


Рис. 2. Общий вид динамометрической установки

$$F = 93000 \cdot t^{0.69} \cdot V_s^{0.26} \cdot V^{-0.32}, \text{ Н};$$

$$F_z = 3000 \cdot t^{0.52} \cdot V_s^{0.48} \cdot V^{-0.33}, \text{ Н};$$

$$F_x = 46500 \cdot t^{0.96} \cdot V_s^{0.25} \cdot V^{-0.33}, \text{ Н};$$

$$F_y = 4600 \cdot t^{0.37} \cdot V_s^{0.2} \cdot V^{-0.26}, \text{ Н}.$$

Выборочная проверка приведенных уравнений показала максимальную их погрешность не превышающую 10%.

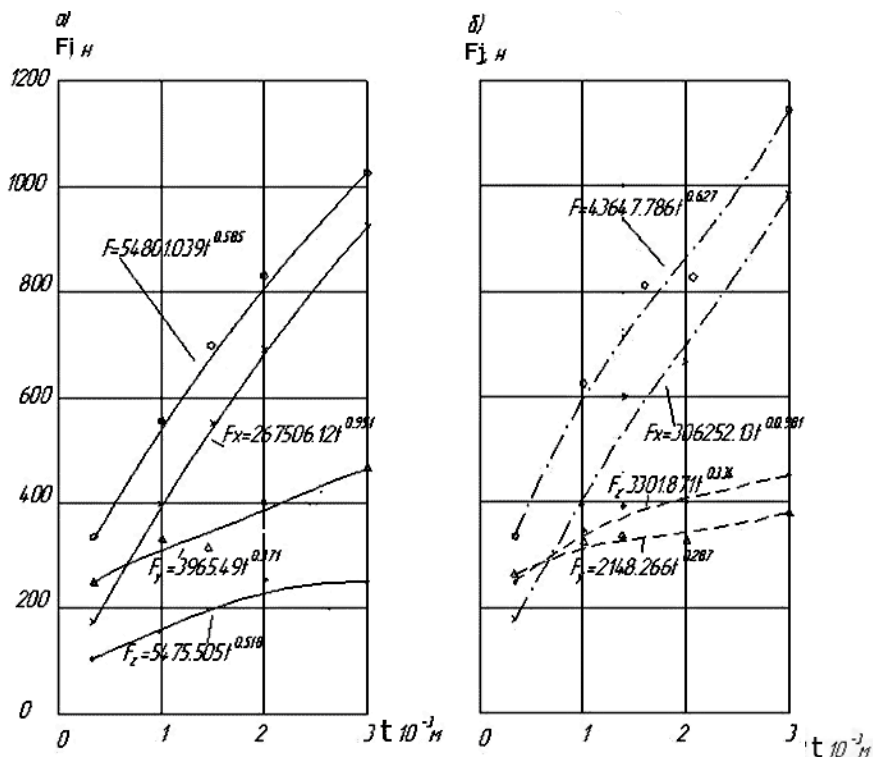


Рис. 3. Зависимость составляющих сил резания от глубины резания:
 а) принудительное вращение режущих элементов;
 б) жесткое крепление режущих элементов

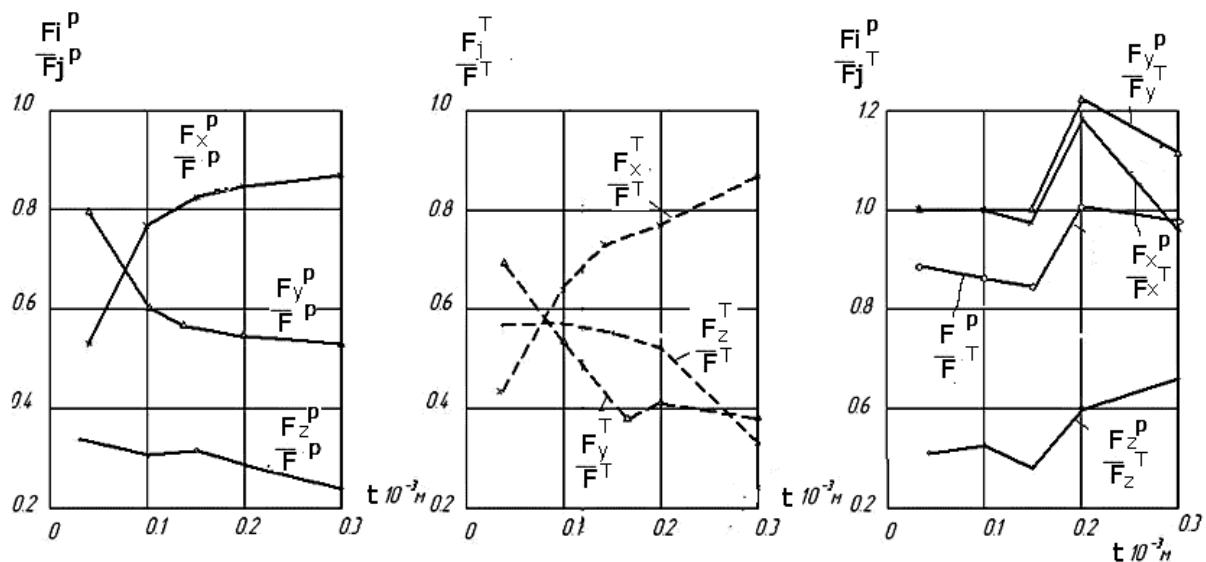


Рис. 4. Соотношение составляющих сил резания:
 а) ротационное фрезерование; б) традиционное фрезерование;
 в) ротационное к традиционному

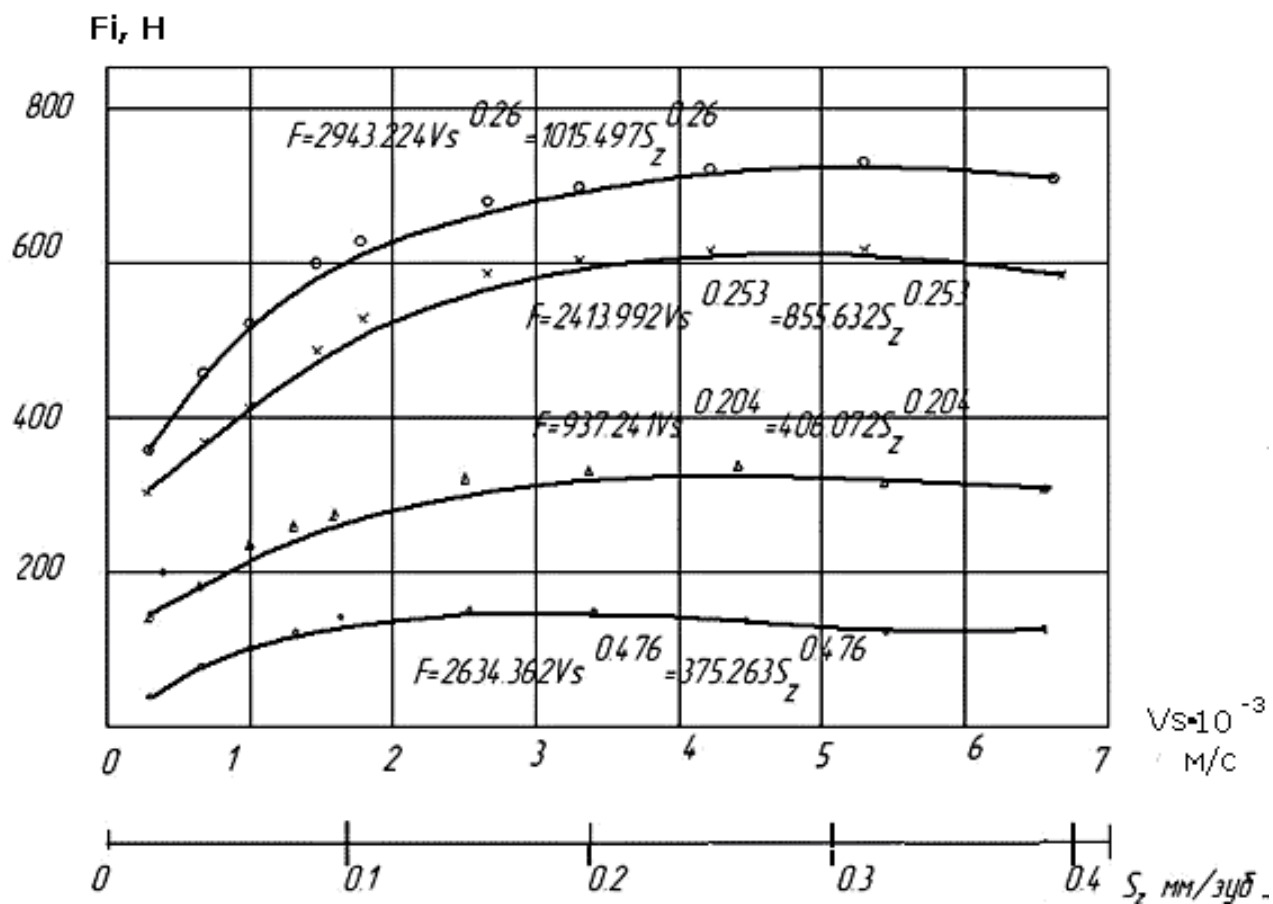


Рис. 5. Зависимость составляющих силы резания от подачи

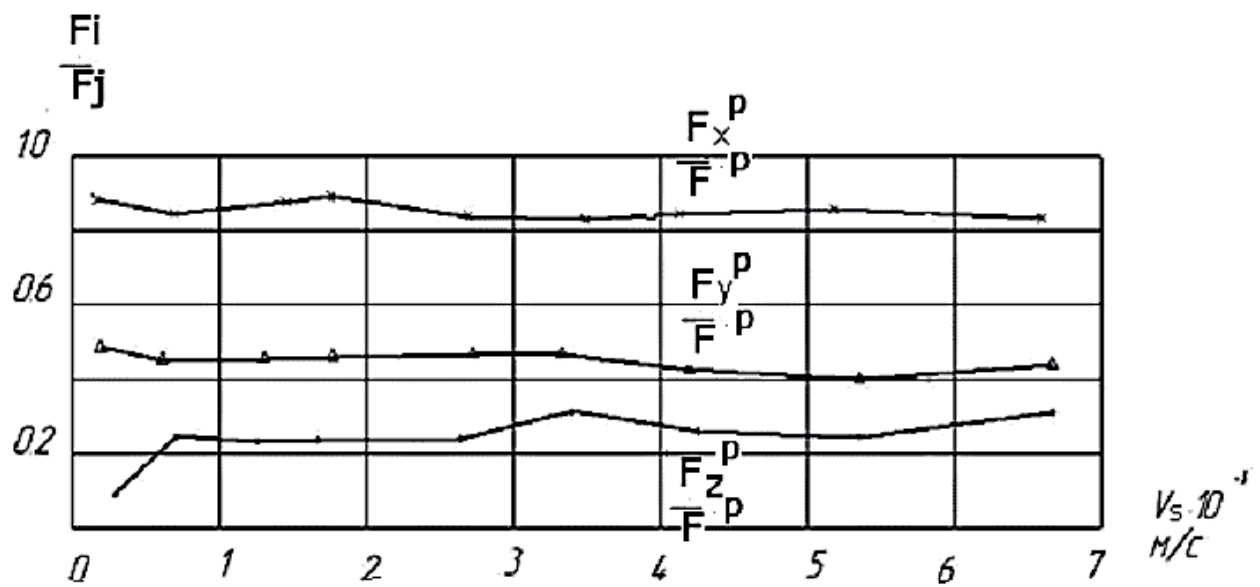


Рис. 6. Соотношения составляющих сил резания

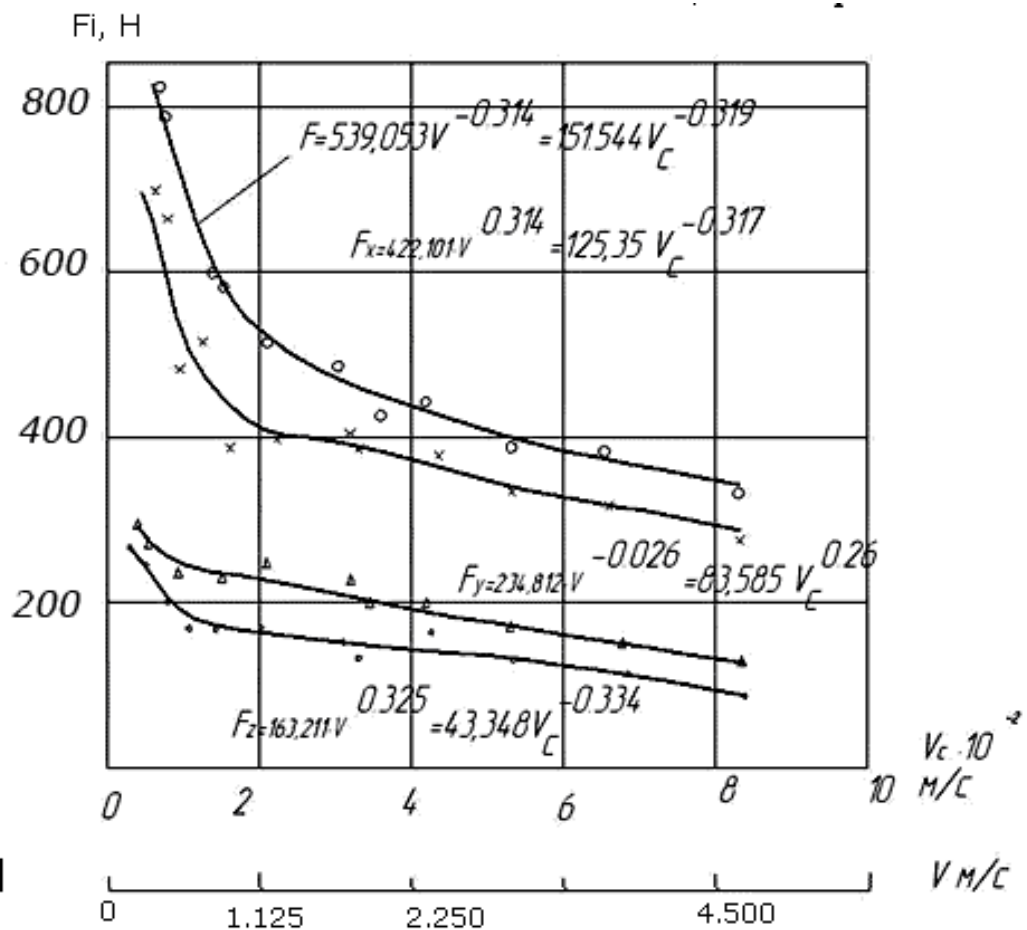


Рис. 7. Зависимость составляющих сил резания от скорости резания V и скорости скольжения V_c

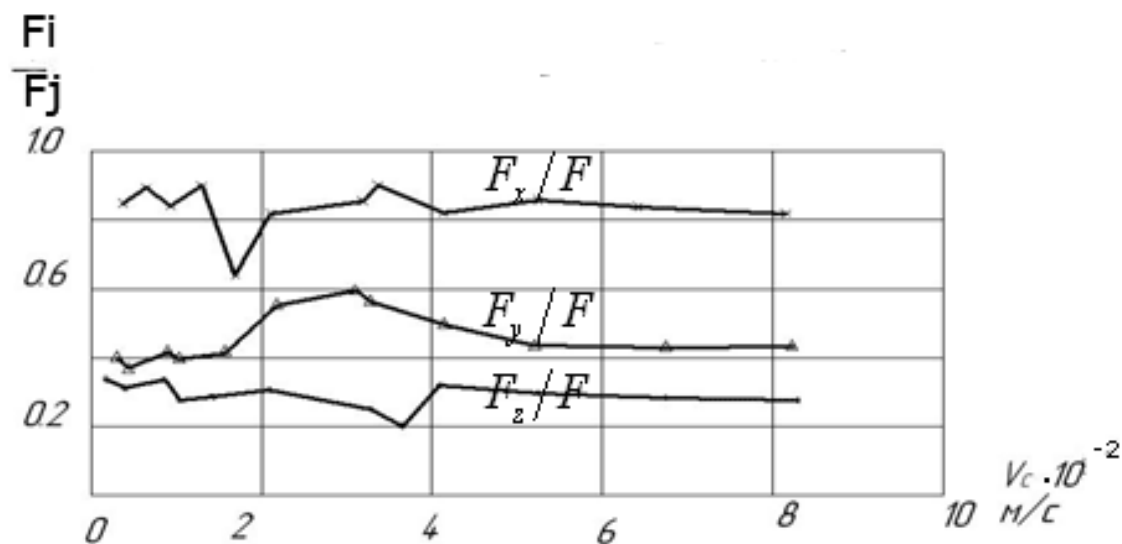


Рис. 8. Соотношения составляющих силы резания в зависимости от скорости скольжения при ротационном фрезеровании

По результатам экспериментальных исследований ротационного резания углеродных материалов можно сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на составляющие силы ротационного резания оказывает глубина резания;
- максимальной составляющей силой при ротационном резании по исследуемой схеме является продольная составляющая F_x .
- тангенциальная составляющая F_z при ротационном резании до 2...2,5 раз меньше, чем при жестком креплении режущего элемента; осевые составляющие F_y практически равны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хаэт, Г.А. Процесс стружкообразования при резании углеграфитовых материалов / Г.А. Хаэт, С.М. Лельчук. – М.: Вестник машиностроения, 1969. – №1. – С. 74–75.
2. Меньшаков, В.М. Обработка углеродных материалов ротационными инструментами / В.М. Меньшаков, В.И. Портнягин, М.Н. Гатитулин // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки: сб. науч. тр. – Челябинск: ЧПИ, 1988. – С. 16–18.
3. Гатитулин, М.Н. Ротационные режущие инструменты / М.Н. Гатитулин, В.И. Портнягин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 33–39.
4. Гатитулин, М.Н. Технологические возможности торцовых планетарных инструментов / М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 39–44.

5. Коновалов, Е.Г. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко, А.В. Соусь. – Минск: Наука и техника, 1972. – 272 с.

6. Грановский, Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.

ЭМИССИЯ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ КАТОДА

П.А. Норин, А.М. Осипов, А.Н. Третьяков

Одной из основных проблем теории катодных процессов в сварочной дуге является механизм образования первичных электронов [1, 2 и др.]. Большое количество гипотез и теорий, посвященных механизму эмиссий электронов из катода, сводятся к трем основным теориям [1, 2, 3 и др.]: теории термоэлектронной эмиссии; теории основанной на действии сильных электрических полей (теория автоэлектронной эмиссии); теории термической ионизации. Подробный анализ теорий приведен в монографиях [1, 2, 3, 4, 5, и др.].

Теория термоэлектронной эмиссии основана на свойстве всех металлов испускать электроны, число которых растет с повышением температуры. Механизм этого явления заключается в следующем. Электроны проводимости, свободно перемещающиеся по всему объему металла, не могут, однако выходить за его пределы. Их выходу наружу препятствует электрическое поле, действующее в узкой зоне, которую называют поверхностным потенциальным барьером.

Теоретическое описание процессов в катодной области началось в 1905 г. В.Ф. Миткевичем с рассмотрения возможности термоэлектронной эмиссии на катоде. Показано [2], что интенсивность эмиссии для обеспечения плотности тока порядка 1000 А/см^2 возможна при температурах катодов $3500\text{-}4000 \text{ }^\circ\text{К}$. При снижении температуры до $3000 \text{ }^\circ\text{К}$ плотность тока эмиссии с катода не превышает 50 А/см^2 . Следовательно, термоэлектронный механизм эмиссии допускается для катодов с температурой кипения свыше $3500 \text{ }^\circ\text{К}$ [2]. К таким катодам (электродам) относятся угольные (температура кипения $5103 \text{ }^\circ\text{К}$) и вольфрамовые (температура кипения $6200 \text{ }^\circ\text{К}$). Такой механизм эмиссии не пригоден для стальных и медных катодов, температура кипения которых составляет соответственно 3013 и $2873 \text{ }^\circ\text{К}$.

В связи с этим все катоды по отношению к возможности термоэлектронной эмиссии необходимой плотности делят на горячие (эмиссия может быть достаточной) и холодные (эмиссия очень мала), а теорию эмиссии используют только для описания процессов у горячих у катодов [2].

Как отмечается в работе [1], некоторые исследователи (например, Гюнтершультце) с целью привлечения термоэлектронной теории для объяснения высоких плотностей тока в катодном пятне стального и медного электродов (холодные катоды) допускают, что температура кипения металла в области катодного пятна настолько резко повышается под влиянием увеличения местного давления пара, что легко испаряющиеся металлы приобретают способность нагреваться до высо-

ких температур, необходимых для термоэлектронной эмиссии. Однако это только предположение, каких либо доказательств этому не приводится. Возможность нагрева металла в области пятна до 5000-6000 °K позволило бы получить плотности тока такого порядка, которые наблюдаются в металлических дугах. Такие температуры наблюдаются при перегреве медной проволоки перед тепловым взрывом [1]. Как отмечается [1], вопрос о применении термоэлектронной теории должен быть пересмотрен с точки зрения новейших данных о процессах, протекающих при скоростном нагреве и высоких давлениях, допускаемых в области катодного пятна.

Однако в настоящее время термоэлектронная теория объясняет плотности тока не выше 100 A/cm^2 , наблюдаемые в катодных пятнах угольной и вольфрамовой дуг. Некоторого увеличения термоэлектронной эмиссии с катодов дуги можно ожидать в связи со снижением высоты потенциального барьера поверхности металлов под действием электрического поля высокой напряженности (эффект Шоттки). Если принять напряженность электрического поля у катода $E = 10^5 - 10^6 \text{ В/см}$, обычно указываемое во многих работах, плотность тока эмиссии со стального катода может достигать 200 A/cm^2 , что по меньшей мере на один порядок ниже требуемой [2].

В 1923 г. И. Лангмюр продолжил новое объяснение возможности процессов на холодных катодах. Основываясь на выведенном им уравнении тока, ограниченно-го объемным зарядом, он пришел к заключению, что у катода дуги под влиянием объемного заряда положительных ионов возникает электрическое поле, достаточное для понижения потенциального барьера у поверхности металла. При таких условиях должна наблюдаться холодная эмиссия электронов.

Теоретическая проверка возможности эмиссии электронов у катода за счет поля высокой напряженности была произведена С. Маккоуном [1]. Считая возможные величины отношения j_1/j_e (j_1 – плотность ионного тока у катодов, j_e – плотность электронного тока у катодов), заключенными в пределах 0,05 – 0,3, он пришел к выводу, что напряженность электрического поля у катода ртутной дуги должна лежать в области значений $5 \times 10^5 - 1,3 \times 10^6 \text{ В/см}$. Если учесть эффект Шоттки (изменение работы выхода электронов), тогда напряженность электрического поля у катода достигает $7 \times 10^7 - 1,4 \times 10^8 \text{ В/см}$. При таких напряженностях потенциальный барьер должен уже исчезать [1]. При этом плотности тока в катодном пятне должны превышать 10^8 A/cm^2 . Как отмечается в работе [2] действительные плотности тока в катодной области сварочных дуг на два порядка ниже этих значений, поэтому электрическая эмиссия с поверхности (автоэлектронная теория) существующей теорией отвергается. Однако, как отмечается в этой работе [2] в некоторых дугах, таких как вакуумная дуга с ртутным катодом и свойственной ей ячеечной структурой катодного пятна с очень высокой плотностью тока в ячейках пятна порядка $1 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$, электростатический механизм высвобождения электронов из катодов металлических дуг является решающим [2].

В связи с кризисом теорий извлечения электронов из катода металлических дуг в 1926 г. И. Слепяном была предложена новая теория. В этой теории образование электронов в катодной области дуги вновь связывалось с высокими температурами. Однако место действия переносилось с поверхности катода в объем газа в так называемое «ионизационное пространство», расположенное на расстоянии от 1 до 10 свободных пробегов атомов газовой среды от поверхности катода [1]. В своей теории И. Слепян отмечает, что из-за небольшой теплоемкости и теплопроводности газа вблизи поверхности катода газ должен нагреваться при прохождении тока гораздо сильнее, чем какой-либо участок металла катода. В этом объеме газа должно происходить освобождение электронов за счет высоких температур. Согласно теории И. Слепяна регенерация необходимых для поддержания разряда электронов и ионов обеспечивается за счет термической ионизации газа в «ионизационном пространстве», откуда образующиеся ионы направляются к катоду, а электроны – к аноду, проводя ионизацию газа в анодном столбе [1]. Следовательно, эта теория роли основного носителя тока в области катодного падения представляется ионами. Она противоречит автоэлектронной теории дуги, в которой утверждается, что основным носителем тока в области катодного падения являются электроны. Как отмечается в работе [1], в связи с отрицанием эмиссии катода теорией И. Слепяна становится малопонятной роль катода в дуговом разряде. Предположение о чисто ионном составе тока в области катодного падения противоречит данным о плотности тока в катодном пятне порядка 1×10^7 А/см². При таких плотностях тока напряженность поля у катода должна достигать значений порядка 10^7 – 10^8 В/см, при которых электронная эмиссия катода становится главным фактором в осуществлении тока в области катодного падения [1].

Итак, существуют три основных теории извлечения первичных электронов из катода дуги. Однако, ни одна из этих теорий не подтверждена экспериментально. В работах И.Г. Кесаева [1], Г.И. Лескова [2] и других ученых отмечается, что поскольку все предложенные теории относительно области катодного падения носят гипотетический характер, в настоящее время следует считать бесплодными попытками расчета различных энергетических характеристик в области катодного падения напряжения. Остается единственный путь – экспериментальный, на котором основываются выводы в отношении сварочной дуги, имеющие практический интерес.

Впервые экспериментально установлено, что автоэлектронная теория объясняет механизм образования первичных электронов в малоамперной вакуумной дуге [1] и в вакуумной сварочной дуге, в открытой сварочной дуге [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кесаев, И.Г. Катодные процессы в электрической дуге / И.Г. Кесаев. — М.: Наука, 1968. — 244 с.

2. Лесков, Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. — М.: Машгиз, 1970. — 330 с.
3. Ленивкин, В.А. Электрические свойства сварочной дуги / В.А. Ленивкин, И.Г. Дюргеров, Х.Н. Сагиров. — М.: Машиностроение, 1989. — 264 с.
4. Раховский, В.Н. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме / В.Н. Раховский. — М.: Наука, 1970. — 536 с.
5. Финкельнбург, В. Электрические дуги и термическая плазма / В. Финкельнбург, Г. Меккер. — М.: Иностранная литература, 1961. — 369 с.
6. Норин, П.А. Структура, геометрические и физические характеристики катодного пятна открытой сварочной дуги / П.А. Норин, А.Ю. Третьяков, Н.И. Малышев. — М.: Сварочное производство, 2001. — С. 3–5.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

А.А. Николаенко

Процесс шлифования имеет общие черты с процессами изнашивания при трении (наличие дискретного контакта взаимодействующих поверхностей) и резания лезвийным инструментом (отделение стружки в результате сдвиговых деформаций). В то же время процесс микрорезания металла зернами при шлифовании имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при выводе аналитических зависимостей для сил резания.

Отличительной особенностью процесса шлифования является то, что шлифующие зерна производят работу пластического деформирования при значительно больших скоростях и температурах, чем при резании лезвийными инструментами.

Высокая скорость резания при шлифовании (35 м/с и более) обуславливает частое взаимодействие зерен круга с металлом, что приводит к образованию площадок износа на задней поверхности режущих зерен.

Количество шлифующих зерен в зоне контакта круга с заготовкой зависит от характеристики круга. Сила резания для круга в целом складывается из сил резания на отдельных зернах, которые находятся в зоне контакта.

Методика аналитического расчета сил резания при работе шлифовальным кругом включает следующие положения.

1. При шлифовании происходит пластическое деформирование металла.
2. Для расчета сил резания используется дискретная схема контакта шлифовального круга с заготовкой, при которой стружка срезается отдельными зернами, находящимися в зоне контакта.
3. Расчет составляющих силы резания для единичного зерна P_z^3 и P_y^3 производится по методике С.Н. Корчака, которая использует баланс активных и реактивных сил.

4. Расчет геометрической площади контакта круга с заготовкой F_i и интенсивности съема металла Q_i производится: для круга прямого профиля – по формуле Е.Н. Маслова, для профильных кругов – по формулам, разработанным автором.

5. Составляющие силы резания для круга P_{z_i} , P_{y_i} , P_{x_i} определяются путем суммирования сил от зерен N_i находящихся в зоне контакта.

6. Расчет среднего числа режущих зерен в зоне контакта N_i производится по формуле, которая выведена автором и позволяет учесть зернистость, степень твердости и номер структуры шлифовального круга.

7. Учет влияния формы профиля шлифовального круга и заготовки на силы резания производится через площадь контакта F_i и интенсивность съема металла Q_i . Влияние интенсивности съема металла шлифовальным кругом Q_i на составляющие силы резания.

Радиальная составляющая силы резания кругом P_{y_i} складывается из радиальных составляющих сил резания режущих зерен, которые находятся в зоне контакта круга с заготовкой:

$$P_{y_i} = \sum_{i=1}^{N_i} P_{y_{s_i}}^3 + \sum_{i=1}^{N_i} P_{y_{тр_i}}^3 \quad (1)$$

где N_i – количество режущих зерен в зоне контакта круга с заготовкой (1); $P_{y_{s_i}}^3$ – радиальная составляющая собственно силы резания зерном; $P_{y_{тр_i}}^3$ – радиальная составляющая от силы трения при резании металла зерном.

Подставляя математические модели для радиальной составляющей собственно силы резания зерном и радиальной составляющей от силы трения при резании металла зерном в (1), получим зависимость для расчета радиальной составляющей силы резания кругом:

$$P_{y_i} = k_1 y_i e_i \frac{Q_3}{V} N_i + k_2 y_i p \left(\frac{k_0 d_0}{2} \right)^2 \cdot N_i, \quad (2)$$

где Q_3 – интенсивность съема металла зерном.

Интенсивность съема металла зерном можно определить по формуле:

$$Q_3 = a_s \cdot l_3 \cdot V, \quad (3)$$

где a_s – толщина среза металла зерном; l_3 – ширина площадки затупления на зерне; V – скорость шлифовального круга.

Так как величина a_s зависит от скорости продольной подачи $V_{s пр}$, то с учетом этой связи, получим формулу для расчета интенсивности съема металла зерном в следующем виде:

$$Q_3 = \frac{V_{s пр}}{V K_0 l_3} \cdot l_3 \cdot V = \frac{V_{s пр}}{K_0}, \quad (4)$$

где $V_{s пр}$ – скорость продольной подачи; K_0 – концентрация режущих зерен на рабочей поверхности круга.

Количество режущих зерен в зоне контакта круга с заготовкой можно определить через площадь контакта и концентрацию режущих зерен:

$$N_i = F_i \cdot K_0 = L S_x \cdot K_0 = \sqrt{D \cdot t_\phi} \cdot K_0, \quad (5)$$

где F_i – площадь контакта круга с заготовкой; L – длина дуги контакта; D – наружный диаметр шлифовального круга; t_ϕ – фактическая глубина резания; S_x – поперечная подача круга на ход (ширина шлифования).

Подставляя (4) и (5) в (2), получим зависимость для расчета радиальной составляющей силы резания кругом в следующем виде:

$$P_{y_i} = k_1 y_i e_i \frac{V_{snp} \cdot L \cdot S_x \cdot K_o}{V} + k_2 y_i p \left(\frac{k_o d_o}{2} \right)^2 \cdot \sqrt{D t_\phi} \cdot S_x \cdot K_o, \quad (6)$$

где $L \cdot S_x = \sqrt{D \cdot t_\phi} \cdot S_x$ – площадь контакта круга с заготовкой.

В выражении (6) произведение $V_{snp} \cdot L \cdot S_x = Q_i$, т. е. представляет собой интенсивность съема металла кругом. Выразим Q_i через элементы управления обработкой, т.е. через параметры режима резания:

$$Q_i = V_{snp} \cdot t_\phi \cdot S_x. \quad (7)$$

Подставляя формулы для расчета, интенсивность съема металла кругом Q_i и концентрации режущих зерен K_o в уравнение (6), получим зависимость для расчета радиальной составляющей силы резания кругом:

$$P_{y_i} = \frac{k_1 y_i e_i \cdot V_{snp} t_\phi S_x}{V} + \frac{k_2 y_i p (k_o d_o)^2 W_3 W_c k_i \cdot \sqrt{D t_\phi} S_x}{\left(W_3 + W_c + W_\Pi \right) 4 W_\Pi d_o^2}, \quad (8)$$

где V_{snp} – скорость продольной подачи; t_ϕ – фактическая глубина резания; S_x – поперечная подача на ход (ширина шлифования).

Таким образом, уравнение (8) устанавливает взаимосвязь радиальной составляющей силы резания кругом с режимом резания и характеристиками круга (зернистостью, твердостью, структурой).

Экспериментальное определение радиальной составляющей силы резания P_y . Для схемы плоского шлифования периферией круга запатентован способ определения радиальной составляющей силы резания P_y [1]. В основе способа лежат упругие свойства технологической системы.

Сущность способа определения радиальной составляющей силы резания P_y поясняется рисунком.

Способ осуществляется следующим образом.

Заготовка 1 шлифуется кругом 2 на плоскошлифовальном станке с жесткостью j , которая предварительно экспериментально определялась. Заготовка по длине делится на три участка. Шлифовальный круг вначале настраивается вне заготовки на размер H_1 , который получается при шлифовании с выхаживанием (на минимальной скорости продольной подачи) на участке L_1 . Второй участок заготовки L_2 шлифуется на скорости продольной подачи заданной в режиме резания (т.е. с глубиной $H_1 - H_2$). Третий участок L_2 не шлифуется. После шлифования замеряется высота заготовки на каждом участке.

Расчет радиальной составляющей силы резания P_y производится по следующей формуле:

$$P_y = \frac{j \cdot (H_2 - H_1)}{\cos \left(57,3^\circ \sqrt{\frac{H_3 - H_2}{D}} \right)}, \quad (9)$$

где j – жесткость шлифовального станка, которая определялась при помощи запатентованного нами устройства [114] (см. раздел 3.2); H_1, H_2, H_3 – соответственно, высота заготовки на первом, втором и третьем участке; D – наружный диаметр шлифовального круга.

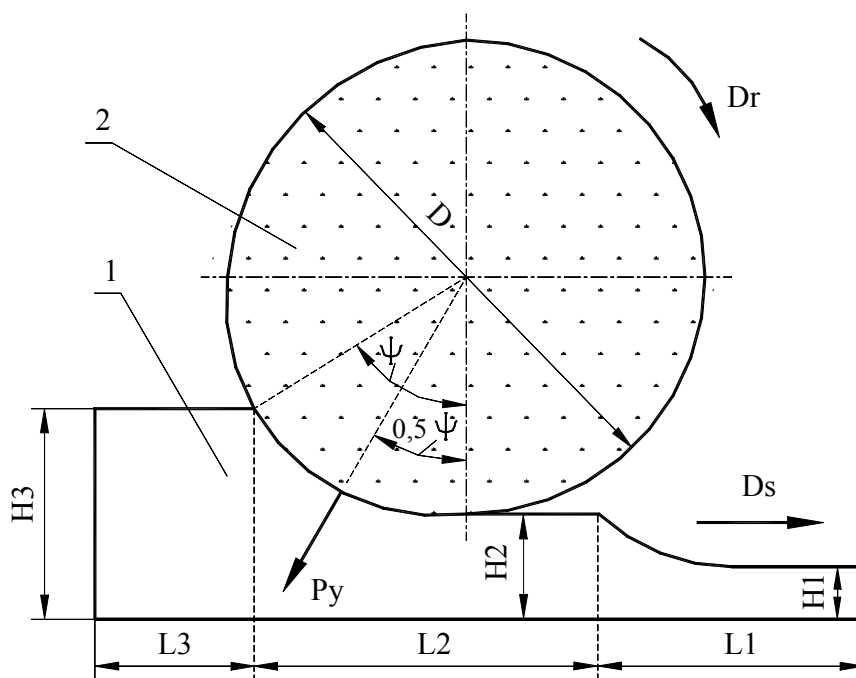


Рисунок. Схема к способу определения силы P_y

Например, заготовка из стали 45 с размерами 600 x 20 x 20 мм (соответственно, длина, ширина, высота) шлифовалась кругом прямого профиля 1 0,5 x 0,02 x 0,203 м 25А 10Н ВМ2 10К5 на станке модели ЛШ – 220 с использованием 3 % - го содового раствора. Установленная при помощи специально разработанного устройства [2] жесткость станка составила 31 Н/мкм. Образец по длине делился на три участка по 200 мм. В заданный режим резания входили: глубина резания 1 мм, скорость продольной подачи стола 400 мм/мин, поперечная подача на ход 20 мм, скорость шлифовального круга 35 м/с. Первый участок шлифовался на скорости продольной подачи 20 мм/мин, а второй участок на скорости продольной подачи 400 мм/мин. Высота образца на первом участке после шлифования составила 19 мм, а на втором – 19,01 мм. Величина радиальной составляющей силы резания P_y на втором участке составила 250,25 Н.

Использование данного способа в сравнении с динамометрированием повысило точность определения радиальной составляющей силы резания P_y на 15 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаенко, А.А. Способ определения радиальной составляющей силы резания при глубинном плоском шлифовании периферией круга: Патент № 2086938, G24L5/12 / А.А. Николаенко, Н.В. Сырейщикова. — М.: Комитет РФ по патентам и товарным знакам, 1997.

2. Николаенко, А.А. Устройство для определения жесткости шпинделей: Патент № 1833249, B23B25/00 / А.А. Николаенко, В.Л. Кулыгин. — М.: Госпатент СССР, 1993.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОТБОРТОВКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО СВЕРЛЕНИЯ В ТОНКОЛИСТОВОМ МЕТАЛЛЕ

В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, Э.Е. Шульц

Отбортовка выполняется вращающимся твердосплавным пуансоном с конусной заточкой, который под давлением внедряется в стенку детали [1, 2]. Возникающие при этом силы трения нагревают металл, повышая его пластичность. Металл вытесняется вниз и частично вверх, образуя отбортовку, состоящую из конусной втулки и кольца (рис. 1).

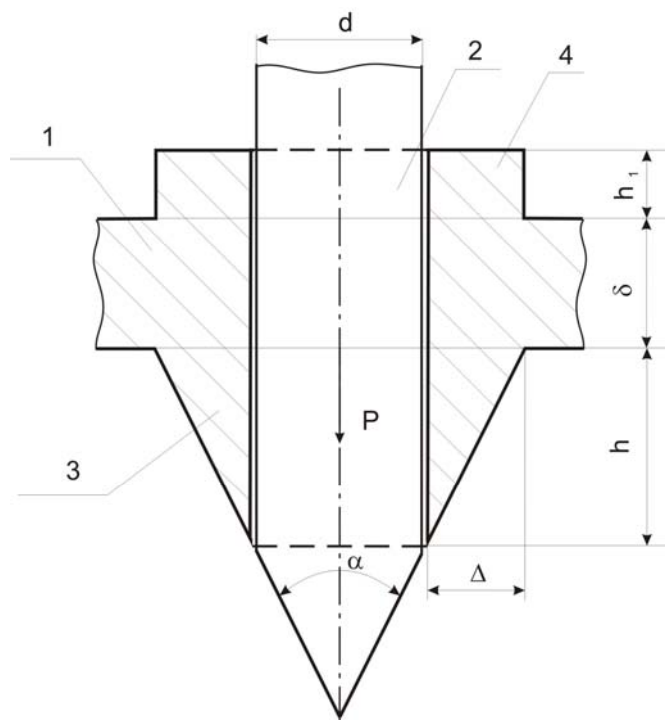


Рис. 1. Схема отбортовки: 1 – деталь; 2 – пуансон; 3 – конусная втулка; 4 – кольцо

В данной статье рассматривается возможность определения основных размеров отбортовки, исходя из объема вытесненного металла в процессе термического сверления. В этом случае сохраняется соотношение (рис. 1)

$$V_{\text{к.в.}} + V_{\text{к}} = V_{\text{д}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{к.в.}}$ – объем конусной втулки; $V_{\text{к}}$ – объем кольца; $V_{\text{д}}$ – объем деформируемого металла.

Объем деформируемого металла равняется

$$V_{\text{д}} = \delta \pi R^2, \quad (2)$$

где δ – толщина детали; R – радиус отверстия.

Принимая долю участия объема деформируемого металла детали в образовании конусной втулки равной b , получим, что объем конусной втулки равняется

$$V_{\text{к.в.}} = bV_{\text{д}} = b\pi R^2 \sigma, \quad (3)$$

а объем кольца равняется

$$V_{\text{к}} = (1 - b)\pi R^2 \sigma. \quad (4)$$

Объем конусной втулки определяется как разность объемов усеченного конуса и отверстия в нём (рис. 2)

$$V_{\text{к.в.}} = V_{\text{у.к.}} - V_{\text{отв.}}, \quad (5)$$

где $V_{\text{у.к.}}$ – объем усеченного конуса; $V_{\text{отв.}}$ – объем отверстия в конусе.

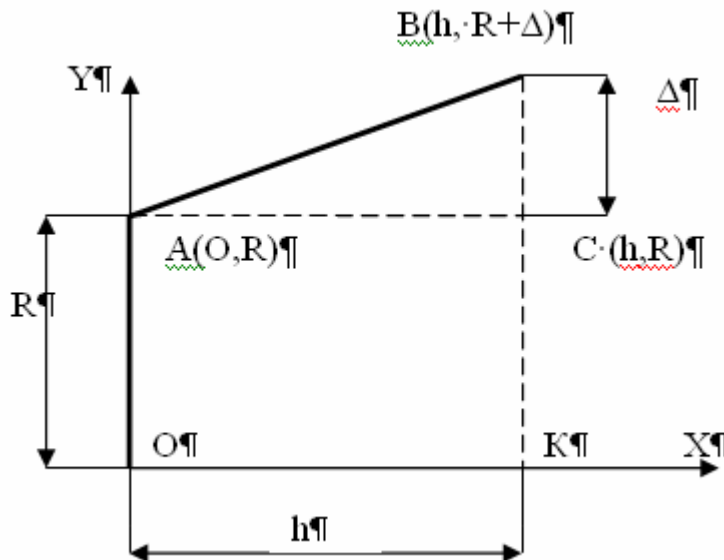


Рис. 2. Схема для расчёта геометрических параметров конусной втулки:
 OABK – усеченный конус ($V_{\text{у.к.}}$); ABC – конусная втулка ($V_{\text{к.}}$);

OACK – отверстие в конусе.

Объем усеченного конуса определяется из уравнения

$$V_{\text{у.к.}} = \pi \int_0^h [f(x)]^2 dx, \quad (6)$$

где h – высота конусной втулки (см. рис. 1); $f(x)$ – функция прямой, ограничивающей усеченный конус.

Уравнение прямой, ограничивающей усеченный конус, записывается в виде [3]

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}, \quad (7)$$

где x и y – координаты первой и второй точек.

С учётом рис. 2 уравнение (7) можно записать для прямой АВ

$$\frac{x - 0}{h - 0} = \frac{y - R}{\Delta + R - R}, \quad (8)$$

где Δ - толщина стенки борта конусной втулки (см. рис. 1).

Отсюда уравнение прямой АВ (см. рис. 2) можно записать в виде

$$y = \frac{\Delta + x}{h} + R \quad (9)$$

Подставив уравнение прямой АВ [9] в уравнение (6) получим, что объём усеченного конуса (см. рис. 2) равняется

$$V_{\text{у.к.}} = \pi \int_0^h \left(\frac{\Delta x}{h} + R \right)^2 dx = \pi h \left(\frac{\Delta^2}{3} + \Delta R + R^2 \right). \quad (10)$$

Объём отверстия в усеченном конусе равняется

$$V_{\text{отв}} = \pi R^2 h. \quad (11)$$

Тогда объём конусной втулки, с учётом выражений (3), (10), (11), равняется

$$b\pi R^2 \sigma = \pi h \left(\frac{\Delta^2}{3} + \Delta R + R^2 \right) - \pi R^2 h. \quad (12)$$

После преобразования уравнения высота конусной втулки равняется

$$h = \frac{bR^2 \sigma}{\Delta \left(\frac{\Delta}{3} + R \right)}. \quad (13)$$

Определим высоту кольца h_1 (см. рис. 1). Из (10) следует, что объём кольца равняется

$$V_{\text{к}} = h_1 \Delta 2\pi R. \quad (14)$$

Приравнивая выражения (4) и (14) получаем, что высота кольца h_1 равняется

$$h_1 = \frac{(1 - b)R\sigma}{2\Delta}. \quad (15)$$

Анализ уравнений (13) и (15) показывает, что для определения геометрических размеров отбортовки, полученной методом термического сверления, неизвестными параметрами являются доля участия объёма деформированного металла детали в образовании отбортовки b и толщина стенки борта Δ (см. рис. 1).

Толщина стенки борта Δ образуется в результате пластического течения металла. Существует ряд аналитических методов решения пластических задач. [4]. К таким методам относятся: метод баланса работ пластических деформаций, метод тонких сечений, видеопластический метод определения напряжений и скорости деформаций, метод линий скольжения. Однако ни один из этих методов не является совершенным, так как в силу необходимости требуется делать предположения, которые могут только в общих чертах описать физическое состояние металла в процессе деформации. При этом результаты, полученные вышеприведёнными методами, требуют экспериментальной проверки [4].

В настоящее время решение вышеприведённой пластической задачи перечисленными методами практически невозможно. Это связано с неравномерным нагревом металла и изменяющимися напряжениями по толщине борта. Поэтому определение толщины борта Δ , а также доли участка металла заготовки необходимо решать другими методами, например экспериментальными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fließlochformen – ein Verfahren zur spanlosen Ferzeugung von Löchern in metallischen Werkstoffen: «Aluminium» (BR1), 1979. – 55, № 3. – s. 234.
2. Термическое сверление (Formdril): каталог группы компаний «Инструмент-Снав». – Бельгия, 1996.
3. Натансон, И.А. Краткий курс высшей математики / И.А. Натансон. – М.: Изд-во наука, 1968. – 727 с.
4. Томсен, Э. Механика пластических деформаций при обработке металлов / Э. Томсен, Г. Янг, Ш. Кобояши // Пер. с англ. под ред. докт. техн. наук, проф. Е.П. Унксова. – М; Изд-во машиностроение, 1969. – 504 с.

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В.И. Гузеев, Ю.И. Мясников

Введение. В настоящее время постоянно повышаются требования к совершенствованию процессов обучения студентов, в частности, по техническим дисциплинам, включая общеобразовательные, общетехнические и специальные дисциплины. В них предметом изучения являются технические объекты (ТО). К наиболее трудным вопросам при изучении ТО относятся задачи их проектирования. В статье рассматриваются особенности системного подхода как к проектированию ТО, так и к процессу обучения студентов.

Технические объекты (ТО) создаются в условиях современного рыночного производства, характеризуются чрезвычайно большим многообразием и повышенными требованиями к качеству изготовления. К ТО относятся:

- различные технические изделия (машины, станки, приборы, детали и т.п.);
- технологические процессы (технологическая документация, технологические приспособления, режущие инструменты и т.п.);
- средства создания ТО с помощью ЭВМ (ЭВМ, программы и редакторы, системы автоматизированного проектирования и т.п.);
- и другие.

Они создаются (проектируются, изготавливаются, контролируются и испытываются) практически во всех отраслях промышленности — машиностроении, приборостроении, авиастроении и других. Все технические объекты (ТО) в современном производстве создаются с учетом международных стандартов качества продукции (рис. 1), которые определяют требования к их проектированию (ISO 9001), изготовлению (ISO 9002), контролю и эксплуатации (ISO 9003).

Все ТО характеризуются определенным жизненным циклом, состоящим из пяти основных этапов (рис.2,а). Согласно представленной на рисунке схеме жизненный цикл ТО может быть описан в следующем виде. Выявление потребности (1) в ТО осуществляется на основе маркетинговых исследований. Проектирование (2) ТО выполняется на основе технического проектирования. Изготовление (3) ТО заканчивается контролем и сертификацией. Изготовленный ТО поступает в эксплуатацию (4) и после морального или физического старения направляется в утилизацию (5).



Рис. 1. Структура международного стандарта качества продукции

Предметом изучения является этап (2) проектирования ТО, который взаимосвязан с этапом (3) его изготовления (см. рис. 2,б). Проектирование ТО является наиболее ответственной, сложной и трудоемкой частью процесса их создания. Целью технического проектирования является разработка технической документации (проекта) на проектируемые ТО.

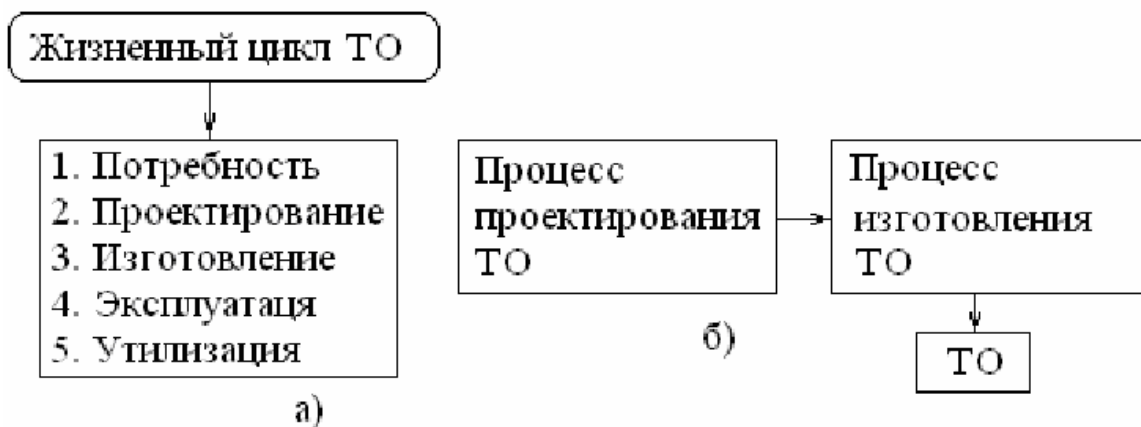


Рис. 2. Схема жизненных циклов технических объектов (ТО) в связи с их проектированием

Общие сведения. Общие сведения о возможностях проектирования технических объектов (ТО) на основе системного подхода (в дальнейшем — системного проектирования) широко опубликовано в технической литературе [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и др.]. Основное внимание в ней уделялось выявлению механизма функционирования технических объектов как объектов проектирования с учетом их внешних и внутренних характеристик.

Примечания:

- А. Системный подход в проектировании технических объектов — это одна из разновидностей общей методологии их проектирования.
- Б. С позиций системного подхода процесс проектирования технических объектов рассматривается не просто как метод решения проектных задач, а гораздо шире — на уровне исследования объектов проектирования.
- В. Процесс проектирования технических объектов — это переход от абстрактных понятий к реальным проектным решениям, где роль системного подхода заключается в стремлении построить целостную картину проектируемого объекта.

Системное проектирование как методология. Исторически сложилось так, что независимо друг от друга сосуществуют три крупных методологических направления, связанных с изучением системных объектов: структурно-функциональный анализ, структурный анализ и системный анализ. Каждое из этих направлений имеет свою предпочтительную область применения. Так, структурно-функциональный анализ наиболее широко применяют в области социологии; структурный — в лингвистике и гуманитарных областях знаний. Системный анализ поначалу развивался в биологии и только в последнее время находит широкое применение в науке и технике.

Системный анализ — это методология решения сложных задач и проблем, основанная на концепции систем. Системный анализ также можно рассматривать как методологию построения систем для решения сложных задач и проблем. Оба эти положения неразрывно связаны.

Техническое проектирование. Создание технических объектов — изделий, процессов, систем и др. связано с техническим проектированием. Под техническим проектированием понимается совокупность проектных работ, выполняемых при проектировании технических объектов.

Проектирование технических изделий является сложным процессом, при котором требуется решение комплексных проектных задач, связанных с различными проектными процедурами — расчетами, обоснованиями, принятиями решений, изображениями конструкций и др.

Традиционное и системное проектирование. Традиционные методы решения сложных проектных задач ориентированы на непосредственное наблюдение объектов с учетом их специфики. При этом полагают, что проектируемый объект можно отделить от окружающей среды, то есть его можно изучать изолированно.

При системном проектировании объект проектирования рассматривается как система во взаимосвязи с окружающими его объектами. По существу системный подход является для процесса проектирования средством анализа и синтеза с целью одновременного выявления и определения большого числа компонентов и факторов, а также взаимосвязей, образующих данную систему. Другими словами, системный подход дает возможность при проектировании технического объекта удерживать его как целое, когда анализируются или синтезируются его части. Это в свою очередь позволяет выбрать и способ объединения частей в целое.

Примечание. В литературе широко используются термины «системный анализ» и «системный подход».

Под термином «системный анализ» понимают следующее. Каждое решение следует рассматривать в тесной связи с другими решениями и возможностью расчленения всей проблемы до уровня составляющих частей.

«Системный подход» более широкое понятие, так как включает анализ и синтез систем. Основное содержание системного подхода заключается в его понятийном аппарате, в его идеях о связях, в подходе к рассмотрению задач, подлежащих решению.

Понятие системы. При системном подходе объект проектирования рассматривается как система, где под системой понимается совокупность (множество элементов) любым способом выделенных реальных или воображаемых объектов. Эта совокупность является системой, если:

- заданы связи, существующие между этими объектами;
- каждый из элементов внутри системы считается неделимым;
- с окружающей средой система взаимодействует как целое.

Всякая система допускает деление ее на подсистемы. Такой подход к проектированию сложных технических систем послужил основой для разработки метода декомпозиции [3], согласно которому весь процесс проектирования делится на

отдельные взаимосвязанные этапы проектирования. В декомпозиционных схемах проектирования отражаются как состав подзадач, на которые разбивается рассматриваемая задача, так и информационные связи между ними. В них технический объект (ТО) проектирования рассматривается как система (рис. 3.), состоящая из отдельных самостоятельных частей — подсистем, блоков, модулей и элементов.



Рис. 3. Системная структура технического объекта (ТО)

Системой (1) называется совокупность выделенных любым способом реальных или воображаемых объектов. Например, в нашем случае системой является технический объект проектирования (ТО).

Подсистемой (2) называют выявленную по некоторым признакам часть системы проектирования, обеспечивающую получение законченных проектных решений. Например, этапы проектирования.

Блоком (3) называется часть подсистемы, имеющую функциональную определенность. Например, блок ввода данных, блок коррекции данных и др.

Модули (4) — структурные элементы блока, состоящие из элементов системы и обладающие качественной определенностью.

Элемент (5) системы (в трактовке теории системного моделирования) — это предел возможного ее членения.

Проектирование технических объектов как информационный процесс. С позиций системного подхода процесс технического проектирования рассматривается как процесс создания информационной модели нового технического объекта, способного удовлетворить потребности общества (этап 1 жизненного цикла) наиболее эффективным способом. Проектирование с этих позиций — это процесс переработки информации о потребности в техническом объекте (этап 1 жизненного цикла) в информацию о новом средстве удовлетворения потребности в проектируемом техническом объекте (этап 2 жизненного цикла).

Результатом проектирования технического объекта является проект, содержащий информацию, необходимую для изготовления (этап 3 жизненного цикла), эксплуатации (этап 4 жизненного цикла) и утилизации (этап 5 жизненного цикла) ТО. Проектирование технического объекта является, таким образом, процессом создания модели нового технического объекта.

Принятие проектных решений. Системное проектирование технических объектов основано на принятии необходимых решений в каждой проектной задаче.

Принятие проектных решений — это проектная процедура выбора наилучшего решения из возможных. Понятие "наилучшее решение" во многом условно, так как различны критерии его оценки. С этой точки зрения его можно рассматривать как "оптимальное" или "рациональное" решение.

Оптимальное решение основывается на математических моделях объектов проектирования и проектных ситуаций, в которых необходимо выработать проектное решение, которое требует строгого математического доказательства. Процесс принятия такого решения относится к категории задач оптимального проектирования и в данном учебном пособии не рассматривается.

Рациональное решение по уровню получения результатов проектирования ниже оптимального и характеризуется многоуровневостью получаемых решений — от простого сравнения вариантов до приближения к оптимальному варианту решений.

При принятии проектных решений широко используются способы (принципы) последовательности приближений (итерации).

Методы решения проектных задач. Системное проектирование основано на алгоритмических методах решения задач, к которым относятся логические и математические алгоритмы. Алгоритм — это последовательность целенаправленных действий для решения проектных задач, а алгоритмическое проектирование — это последовательность указаний, касающихся процедур решения проектных задач.

Моделирование при системном проектировании. Моделирование характеризуется тем, что анализ производится не на исследуемых (проектируемых) объектах (системах), а на их моделях, выполненных в соответствии с теорией подобия. Этот метод базируется на целесообразном абстрагировании процессов развития объектов (систем) проектирования.

Анализ и синтез проектных задач. Существенное значение в понимании системного подхода к исследованию технических объектов имеют такие мыслительные операции, как синтез и анализ.

Анализ — это проектная процедура или группа проектных процедур для получения информации о свойствах объекта проектирования (или его частях). Характеризуется выделением в объекте проектирования тех свойств, которые делают его частью целого.

Синтез — это проектная процедура или группа проектных процедур, заканчивающихся получением новых описаний объекта проектирования (или его частей). Характеризуется представлением объекта проектирования как целого, состоящего из частей, определенным образом связанных между собой.

Примечание. Синтез и анализ находятся в диалектическом единстве: при синтезе создаются, а при анализе оцениваются описания объекта проектирования. Они взаимосвязаны между собой, дополняют друг друга и следуют друг за другом.

Проектирование и конструирование. Системное проектирование тесно связано с понятиями "проектирование" и "конструирование", которые часто даже не различают, так как они выполняются, как правило, специалистами одной профессии — конструкторами. Вместе с тем с точки зрения современного подхода к пониманию процессов проектирования и конструирования — это разные процессы. Под проектированием следует понимать всю совокупность действий от получения задания до выдачи готовой технической документации. Конструирование является лишь частью процесса проектирования и дает ответ на вопрос: какой должна быть конструкция изделия.

Процесс системного проектирования. Процесс проектирования технических объектов сложен не только потому, что приходится учитывать много разнообразных факторов, но еще и потому, что эти факторы влияют на конструкцию в разной степени и зависят друг от друга. Предпосылками к проектированию являются систематизированные материалы по ранее созданным техническим объектам определенного класса и их эксплуатационные характеристики. Если новая конструкция технического объекта не будет иметь сходства с ранее созданными моделями, то это затруднит постановку и освоение ее в производстве, а чрезмерное сходство будет указывать на недостаточный технический уровень вновь проектируемого технического объекта.

В заключении следует отметить, что проектирование ТО с позиций системного подхода является сложным процессом, связанным с различными проектными процессами – анализом и синтезом проектных задач, принятиями проектных решений, расчетами, обоснованиями, техническим моделированием и другими. Совершенствование процесса проектирования ТО требует решения комплекса методологических, информационных и других задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Под ред. Ю.М. Соломенцева и В.Г. Митрофанова. — М.: Машиностроение, 1986. — 256 с.
2. Борисов, В.И. Общая методология конструирования машин / В.И. Борисов. — М.: Машиностроение, 1978. — 120 с.
3. Левин, Г.М. Декомпозиционные методы оптимизации проектных решений / Г.М. Левин, В.С. Танаев. — Минск: Наука и техника, 1978. — 240 с.
4. Миндлин, Я.З. Логика конструирования / Я.З. Миндлин. — М.: Машиностроение, 1969. — 122 с.

5. Мясников, Ю.И. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие / Ю.И. Мясников. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. — 483 с.
6. Ханзен, Ф. Основы общей методики конструирования. Систематизация конструирования / Ф. Ханзен. — Л.: Машиностроение, 1969. — 288 с.
7. Чернов, Л.Б. Основы методологии проектирования машин: учебное пособие для вузов / Л.Б. Чернов. — М.: Машиностроение, 1978. — 148 с.

ПРИНЦИП ЕДИНСТВА ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СБОРКИ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Мясников Ю.И., Пушкарев А.В., Карпенко Г.И.

В технологических процессах обработки деталей на металлорежущих станках используются различные станочные приспособления (СП): универсальные (У_СП), непереналаживаемые (Н_СП) и переналаживаемые (П_СП). Основное их назначение – базирование и закрепление заготовок. В условиях современного производства наиболее перспективны переналаживаемые станочные приспособления (П_СП). Это связано с широкой номенклатурой обрабатываемых деталей, постоянно возрастающей степенью автоматизации и более низкой стоимостью в сравнении с непереналаживаемыми.

Применение. П_СП в машиностроении связано с созданием универсально-сборных приспособлений (УСП), разработанных российскими учеными Б.С. Кузнецовым и В.А. Пономаревым в 1947 году (а. с. 75777). Эти приспособления успешно используются в различных отраслях промышленности уже свыше 50 лет. Переналаживаемые станочные приспособления (П_СП) совершенствовались и развивались не только в нашей стране, но и за рубежом. В настоящее время по их созданию и применению накоплен большой опыт, результаты которого свелись к разработке систем П_СП.

Все П_СП создаются из деталей и сборочных единиц, заранее изготовленных и многократно используемых. Традиционно при их создании отсутствовала стадия проектирования, сборка производилась методом «проб и ошибок». Процесс сборки осуществлялся слесарем-сборщиком высокой квалификации, который одновременно являлся проектировщиком, технологом, сборщиком и контролером. Такой метод сборки П_СП характеризовался многочисленными попытками сборки/разборки, в результате чего время на окончательную сборку увеличивалось. Следовательно, сборку приспособления нужно осуществлять с первой попытки, для чего необходимо наличие проекта.

Такой путь создания П_СП (без проекта) не отвечает требованиям современного производства. В связи с этим в статье рассматриваются исследования авторов по совершенствованию процессов создания П_СП с помощью ЭВМ.

Процесс создания П_СП включает следующие стадии: проектирование (1), сборка (2), контроль (3) и эксплуатация (4).

Проектирование (1) относится к стадии разработки конструкции П_СП на уровне технической документации (проектной документации), необходимой для комплектации сборочных единиц, сборки, контроля и эксплуатации П_СП.

Сборка (2) – это стадия получения реальной конструкции П_СП.

Контроль (3) – это стадия определения параметров точности, отвечающих всем требованиям технологической операции обработки детали.

Эксплуатация (4) – это стадия применения П_СП в обработке детали, связанная с наладкой его на станке (подналадкой и переналадкой).

Установлено, что при создании П_СП практически не выполнялись исследования по их проектированию и сборке, особенно с использованием ЭВМ. Между тем, предварительные исследования [1, 2] позволяют установить взаимосвязь процессов проектирования и сборки П_СП.

Для определения взаимосвязи между процессами проектирования и сборки П_СП использован принцип единства структуры станочных приспособлений с учетом особенностей П_СП.

Согласно этому принципу, в составе любого станочного приспособления (в том числе П_СП) всегда можно выделить следующие функциональные части (рис. 1): установочные элементы (УЭ), зажимные устройства (ЗУ), дополнительные устройства (ДУ), корпус (К_{СП}). Установочные элементы обеспечивают базирование заготовки в СП, зажимные устройства – закрепление заготовки, дополнительные устройства – дополнительные функции СП, корпус – соединение всех функциональных частей в единое целое – СП.

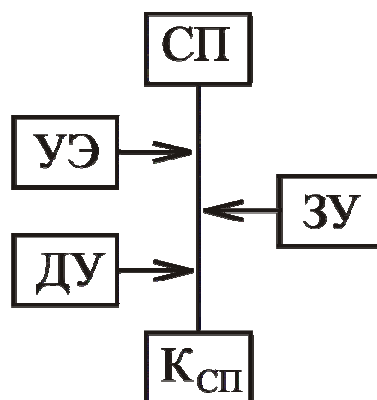


Рис. 1. Схема структуры СП

Рассмотрим на конкретном примере структуру П_СП (рис. 2). Конструкция П_СП состоит из деталей и сборочных единиц. В структуре П_СП четко выделяются установочные элементы (УЭ), зажимные устройства (ЗУ), дополнительные устройства (ДУ), корпус (К_{СП}). Наилучшим вариантом является структура П_СП, включающая функциональные части в виде сборочных единиц.

Для рассматриваемого примера (см. рис. 2) структура функциональных частей П_СП в виде сборочных единиц представлены на рис. 3. Эти примеры свидетельствуют о единстве структуры П_СП.

Таким образом, установлено, что взаимосвязь между процессами проектирования и сборки П_СП может существовать на основе двух факторов: единства структуры П_СП и общности структуры функциональных частей П_СП, создаваемых в виде сборочных единиц.

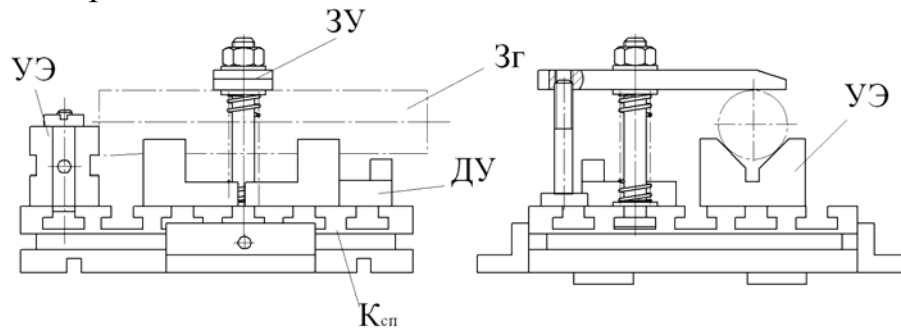


Рис. 2. Пример П_СП

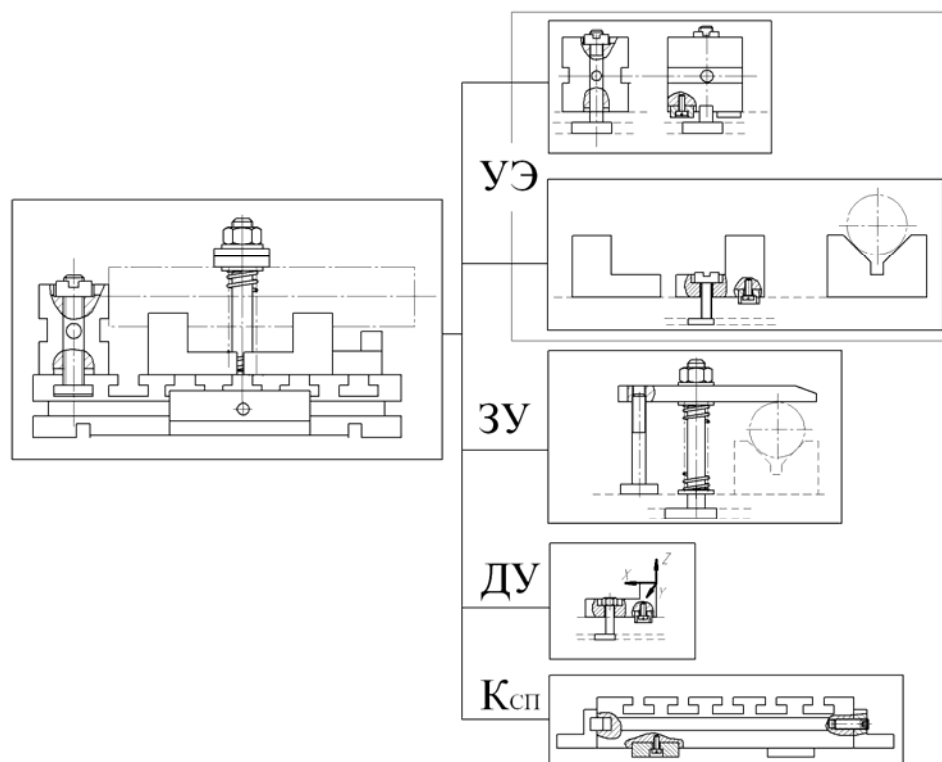


Рис. 3. Функциональные части П_СП как сборочные единицы

Это суждение послужило основанием для формулирования принципа единства процессов проектирования и сборки П_СП.

Сущность принципа единства процессов проектирования и сборки П_СП заключается в следующем. Процесс создания П_СП следует рассматривать как единый замкнутый процесс (рис. 4) от получения задания (блок 1) до получения реальной конструкции П_СП (блок 4). Реализация такого процесса достигается проектированием (блок 2) и сборкой (блок 3) с помощью ЭВМ.

Процесс проектирования П_СП (рис. 5,а) следует рассматривать как процесс преобразования с помощью ЭВМ (блок 2) данных технического задания (блок 1) в проект конструкции П_СП (блок 3). В процессе проектирования конструкция П_СП формируется из функциональных частей как сборочных единиц (блок 4).

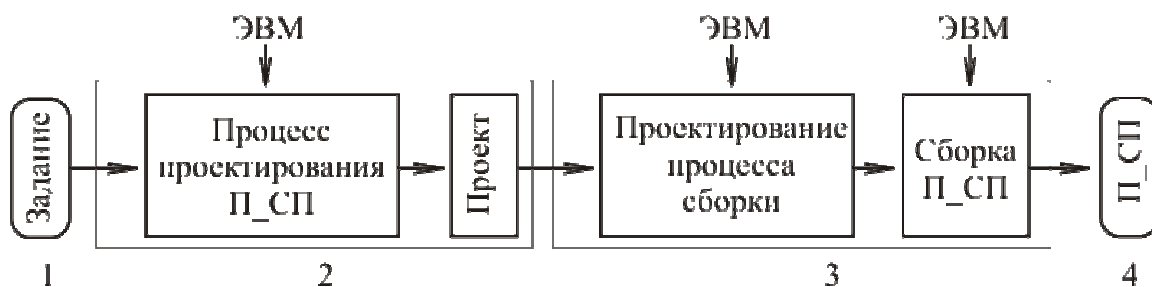
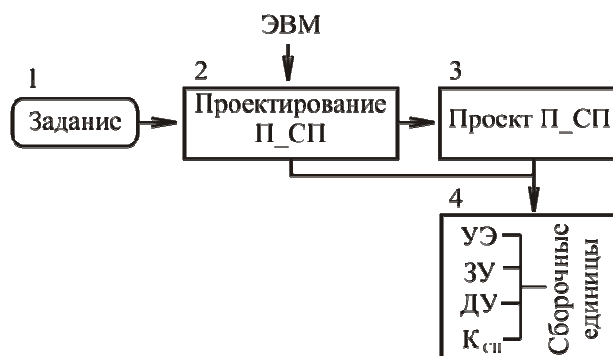
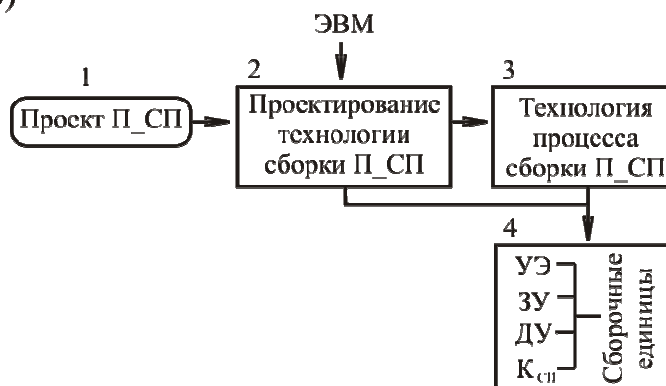


Рис. 4. Схема процесса создания П_СП

а)



б)



в)

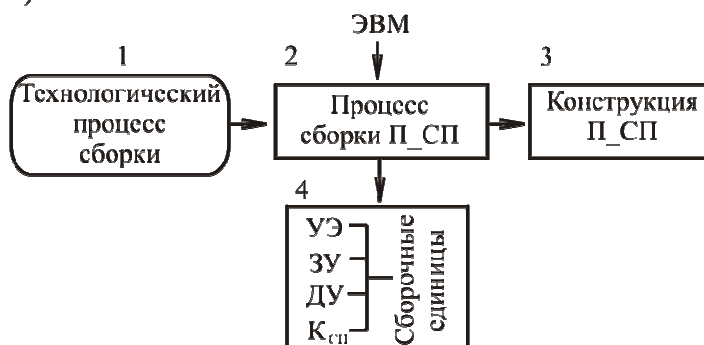


Рис. 5. Стадии процесса создания П_СП:

а) проектирование; б) технология сборки; в) процесс сборки

Процесс сборки П_СП предполагает (см. рис. 4) проектирование технологического процесса сборки и сборку реальной конструкции с помощью ЭВМ.

Технологический процесс сборки (рис. 5,б) следует рассматривать как процесс преобразования (блок 2) с помощью ЭВМ проекта конструкции П_СП (блок 1) в требуемую техническую документацию. Технологический процесс сборки П_СП (блок 3) предполагает предварительную разработку технологии сборки отдельных функциональных частей (блок 4) – сборочных единиц.

Процесс сборки П_СП (рис. 5,в) является получением (блок 2) на основании технологического процесса сборки (блок 1) конструкции П_СП (блок 3). Сборка всего приспособления производится из сборочных единиц (блок 4) – функциональных частей.

Таким образом, в основу принципа единства процессов проектирования и сборки переналаживаемых станочных приспособлений положена идея о том, что процесс создания реальной конструкции П_СП является замкнутым процессом, включающим в себя процессы проектирования, разработки технологии сборки и сборки с помощью ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мясников, Ю.И. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие / Ю.И. Мясников. – Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 483 с.
2. Мясников, Ю.И. Переналаживаемые приспособления-спутники в структуре современного производства / Ю.И. Мясников, Г.И. Карпенко // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – С. 99–102.

БЕЗДЕФЕКТНОЕ ШЛИФОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Кошин, Н.Ю. Шакирова

В настоящее время наряду с традиционными металлами и сплавами все большее распространение в машиностроении обретают полимерно-композитные материалы (ПКМ), обладающие многими положительными свойствами: они более легкие, чем сталь и чугун; не поддаются коррозии; не проводят электричество; имеют высокие демпфирующие свойства. Но при этом ПКМ имеют строение во многом отличное от строения металлов, что обуславливает принципиально иную картину резания и образования дефектов поверхности. Поэтому шлифование таких материалов на режимах резания и с использованием расчетных зависимостей, полученных для металлов, не обеспечит требуемого качества детали.

В процессе обработки детали необходимо обеспечить заданное качество поверхности, гарантирующее надежную и долговечную эксплуатацию изделия. Показателями качества поверхности являются шероховатость (чистота поверхности) и ее физико-механические свойства. Окончательное формирование значений показателей качества происходит на финишных операциях. Как показала практика, в большинстве случаев финишной операцией в технологическом процессе является абразивная обработка. Таким образом, качество шлифованной поверхности будет определять качество готового изделия.

Особенностью шлифования является высокая теплонапряженность процесса. Температура в зоне резания может превышать температуру плавления металлов. Скорость нагрева поверхностных слоев достигает 10^5 – $7,75 \cdot 10^8$ °C/с, скорость охлаждения $2,1 \cdot 10^5$ – 10^8 °C/с. Подобные условия обработки являются причиной фазово-структурных превращений в материале.

Сопrotивляемость материала действию высоких температур характеризуется его теплостойкостью. Под теплостойкостью ПКМ понимают способность твердых полимерных материалов, будучи нагруженными, сохранять определенную жесткость при повышении температуры. Одной из особенностей ПКМ является сравнительно низкий порог теплостойкости. Это связано в первую очередь с высокой чувствительностью их прочностных свойств к нагреву, а также с процессами деформации под действием высоких температур. Под теплостойкостью металлов понимается способность длительно сохранять эксплуатационные свойства при повышенных температурах. Теплостойкость характеризует верхнюю границу области температур, в которой металлы могут воспринимать механические нагрузки без необратимых изменений. Потеря теплостойкости обуславливается необратимыми структурными изменениями при нагреве – фазово-структурными превращениями.

В зависимости от режимов обработки и исходного состояния обрабатываемого материала нагрев поверхностного слоя может сопровождаться различными фазовыми и структурными превращениями, анализу которых посвящены работы Д.Г. Евсеева, А.В. Якимова, П.И. Ящерицына и других исследователей. В теоретическом отношении наиболее простым является случай поверхностной закалки, расчет которой сводится к определению условий достижения критических температур нагрева и скоростей охлаждения. При описании другого вида фазово-структурных превращений – отпуска встречаются трудности, связанные с существенной зависимостью от времени нагрева и значительным температурным диапазоном протекания процесса образования новой фазы при отпуске. В то же время технологическая теория поверхностного отпуска необходима как основа борьбы с наиболее распространенной разновидностью термических повреждений – прижогами.

В общемашиностроительных нормативах режимов резания задача обеспечения беспржоговой обработки решается с помощью таблицы удельной беспржоговой мощности. Такая таблица разработана для круглого наружного шлифования. Для других видов шлифования она либо просто дублируется, при этом, не учитывая особенности конкретного вида, либо отсутствует вовсе. Поэтому ставится задача расчетного определения беспржоговых режимов обработки материалов для получения заданного качества поверхности.

При рассмотрении теорий фазово-структурных превращений в поверхностном слое можно выделить два подхода в их разработке: температурный и энергетический. При температурном подходе процесс образования новой фазы описывается путем введения некоторых критических температур. При энергетическом подходе глубина дефектного слоя с измененными физико-механическими свойствами выражается через количество теплоты, переданное телу.

Энергетический подход является методически более верным. Из термодинамики известно, что фазовый переход из твердого в жидкое состояние сопровождается поглощением определенной теплоты плавления $Q_{пл}$, так как переход в агрегатное состояние, отвечающее более высокой температуре, требует подвода энергии (рис 1.)

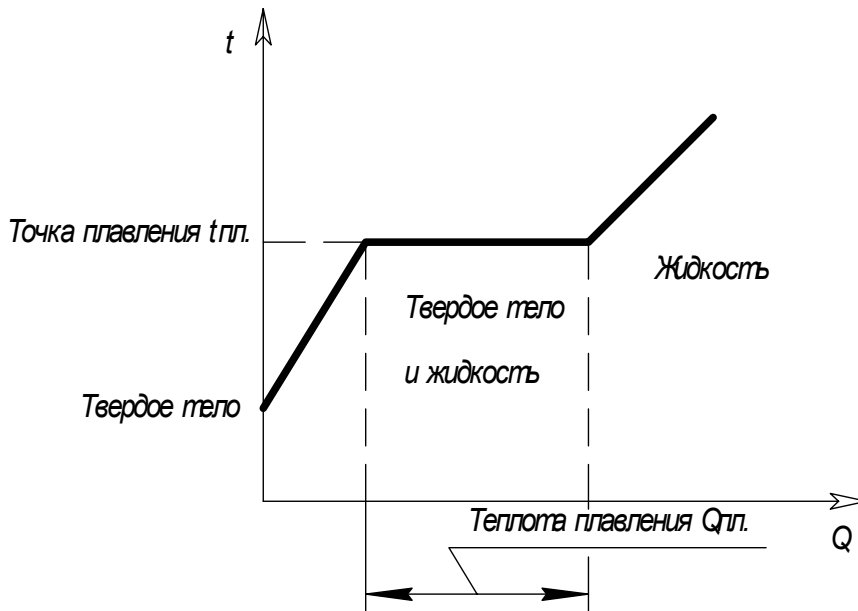


Рис. 1. Фазовый переход при нагреве поверхности

При энергетическом подходе к описанию дефектов поверхности учитывается подвод теплоты $Q_{пл}$, требуемой для совершения фазового перехода, во время которого температура остается неизменной. Поэтому при описании явления прижога на обрабатываемой поверхности такой подход даст более точные результаты, чем температурный.

В качестве примера применения энергетического подхода рассмотрим модель дефектообразования О.Б. Федосеева [1]. В соответствии с моделью, тепловая энергия, сообщенная единице поверхности, может быть представлена в виде функции толщины дефектного слоя h

$$Q = \frac{U \sqrt{\lambda c \rho \tau}}{\psi k \lg(v \tau / \ln 2)} \exp\left(\frac{h}{Ba \sqrt{\tau}}\right), \quad (1)$$

где U — энергия активации образования дефектного слоя, эВ; a — коэффициент температуропроводности, $\text{мм}/\sqrt{\text{с}}$; λ — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{мК}$; $c\rho$ — удельная теплоемкость, $\text{Дж}/\text{м}^3\text{К}$; τ — длительность теплового воздействия, с; v — предэкспоненциальный множитель, с^{-1} ; k — постоянная Больцмана; h — глубина дефектного слоя, мм.

В выражении (1) значения B , ψ и входящие в них параметры находятся по формулам:

$$B = \frac{2,3P_e}{1+2P_e} + \sqrt{\frac{t}{l} \frac{1-P_{e1}}{1+P_{e1}}}; \quad (2)$$

$$\psi = \frac{1}{1+2H} \left(\frac{4,8P_e}{1+2P_e} + 2\sqrt{\frac{t}{l} \frac{1-P_{e1}}{1+P_{e1}}} \right); \quad (3)$$

$$P_e = V_1 l / a^2; \quad (4)$$

$$P_{e1} = V_1 t / a^2. \quad (5)$$

где V_1 — скорость подачи, мм/с; l — ширина уступа в направлении подачи, мм; t — высота уступа, мм.

Тогда величина тепловой энергии, при которой $h=0$, находится по формуле

$$Q = \frac{U \sqrt{\lambda c \rho \tau}}{\psi k \lg(\nu \tau / \ln 2)}. \quad (6)$$

Зная тепловую энергию Q , при которой $h=0$, можно установить ее связь с мощностью шлифования для получения значения бесприжоговой мощности обработки. Для этого воспользуемся величиной Q_0 , характеризующей работу, затраченную на образование единица поверхности и ее связью с величинами мощности и тепловой энергии Q . Значение Q_0 находится по формуле

$$Q_0 = P'_z V / V_1, \quad (7)$$

где P'_z — компонента усилия шлифования, рассчитанная на единицу высоты круга (для круглого наружного шлифования) или на единицу активной поверхности круга (для плоского шлифования торцом круга), Н/мм; V — скорость резания, м/с.

Зная работу, затраченную на образование единицы поверхности, найдем величину мощности $N_0 \left[\frac{Вт}{мм^2} \right]$. Таким образом,

$$N_0 = \frac{Q_0}{t}. \quad (8)$$

Связь между величинами Q_0 и Q выражается зависимостью

$$\mu = \frac{Q}{Q_0}, \quad (9)$$

где μ — коэффициент, характеризующий долю работы шлифования, которая в виде тепла поступает в образец.

Коэффициент μ — величина известная, так как известны величины Q_0 и Q . Подставляя выражения (7) и (9) в (8) получаем:

$$N_0 = Q \frac{1}{t\mu}. \quad (10)$$

Выражение (10) описывает бесприжоговую мощность шлифования, необходимую для образования единицы поверхности.

Таким образом, используя математическую модель дефектообразования Федосеева, получено выражение для расчетного определения удельной бесприжоговой мощности обработки металлов. Алгоритм расчета бесприжоговой мощности для процесса плоского шлифования торцом круга, с использованием выражения (6), приведен на рис. 2.

При черновом и получистовом шлифовании поверхностей металлов допускается наличие поверхностного слоя с измененными физико-механическими свойствами, т.к. этот слой будет удален на чистовой операции. Поэтому обработку на черновых и получистовых переходах можно вести на высоких скоростях резания. Для шлифования ПКМ такой принцип не применим по ряду причин. Как было сказано выше, теплостойкость ПКМ характеризуется теплостойкостью полимерного связующего. Уже при незначительном увеличении температуры происходит размягчение полимера. Размягченный материал налипает на рабочую поверхность круга и делает невозможным дальнейшее шлифование. При температурах превышающих порог теплостойкости происходят необратимые химические реакции, ведущие к изменениям прочностных и других свойств полимеров. По этим причинам описание термических повреждений ПКМ энергетическим методом, применяемым для металлов, не представляется возможным. Поэтому для описания процесса дефектообразования применяем температурный подход. При решении задачи бездефектной обработки ПКМ шлифованием будем использовать математическую модель температурного поля, полученную С. Н. Корчаком, которая наиболее полно описывает нагрев от единичного теплового источника [2]. В ней используется классическое дифференциальное уравнение теплопроводности, выражающее взаимную связь параметров температурного поля:

$$U(x, t) = U_0 + \frac{2q}{\sqrt{\lambda c \rho}} \sum_{k=0}^n \sqrt{t - T_k} \operatorname{ierfc} \frac{x}{\sqrt{4\chi(t - T_k)}} H(t - T_k) - \sqrt{t - \tau - T_k} \operatorname{ierfc} \frac{x}{\sqrt{4\chi(t - \tau - T_k)}} H(t - \tau - T_k), \quad (11)$$

где U — температура нагрева поверхности детали в зоне контакта с кругом от действия одного теплового источника (шлифовального зерна); $U_0 = const$ — начальное условие; q — интенсивность теплового источника; λ — коэффициент теплопроводности материала; c — удельная теплоемкость материала; ρ — плотность материала; τ — время контакта зерна шлифовального круга с деталью; $\chi = \frac{\lambda}{c\rho}$; $H(x) = \begin{cases} 0, x \leq 0 \\ 1, x \geq 0 \end{cases}$ — единичная функция, введенная Хевисайдом.

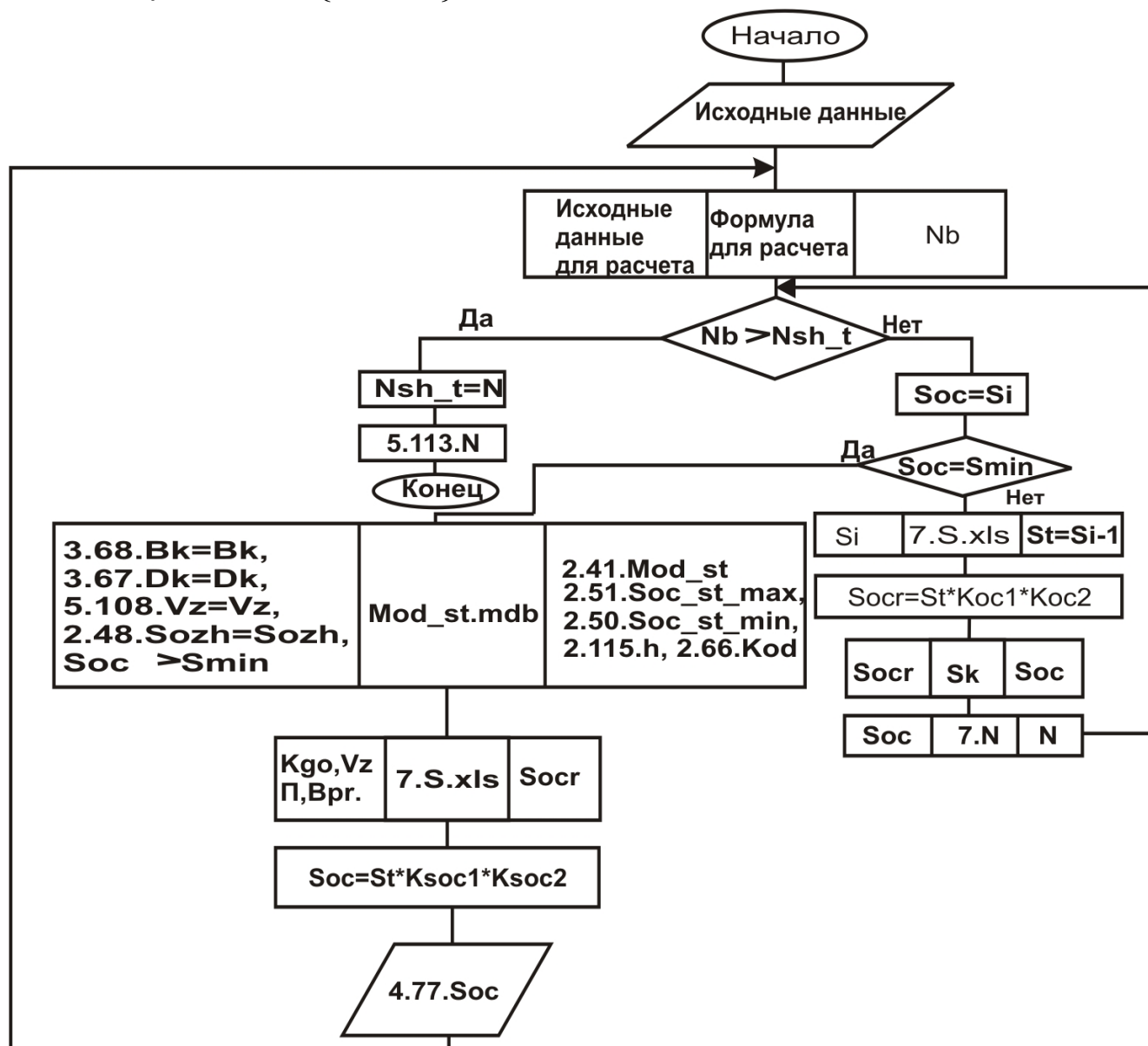


Рис. 2. Алгоритм расчета бесприжоговой мощности обработки

Для оценки погрешности расчета по формуле (10), не учитывающей подвод теплоты плавления, необходимо определить значение $Q_{пл}$ и ее долю в общем количестве теплоты, подводимой к поверхности, используя основные зависимости термодинамики.

Однако, выражение (10) получено для металлов и не учитывает особенностей структуры и процесса резания ПКМ, поэтому должно быть доработано.

ПКМ представляет собой смесь полимерного связующего, заполнителя и наполнителя. Поэтому при шлифовании абразивное зерно режет не только полимерный материал, но и высокопрочный заполнитель, компоненты которого случайным образом распределены по объему. Кроме того, при обработке ПКМ сьем материала происходит в результате его разрушения, посредством образования сетки мелких трещин. Пластическая деформация, присущая обработке металлов, отсутствует [3]. Еще одним важным моментом, который необходимо учитывать при доработке математической модели температурного поля, является тепловой баланс системы обрабатываемая поверхность – удаляемый материал – режущий инструмент. При шлифовании ПКМ 90% тепла, выделяющегося при обработке, уходит в инструмент, а остальные 10% распределяются между обрабатываемой поверхностью и удаляемым материалом, в то время как при шлифовании металлов 90% тепла уходит вместе со стружкой.

Таким образом, нами рассмотрены особенности бездефектной обработки металлов и ПКМ. Отличия в строении материалов обуславливают различия подходов в описании поверхностных явлений. На основе математической модели дефектообразования Федосеева получено выражение для расчетного определения удельной бесприжоговой мощности для металлов. Намечены направления, по которым ведется доработка математической модели температурного поля при шлифовании ПКМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосеев, О. Б. Повышение качества поверхностного слоя деталей на основе синергетического анализа термической повреждаемости поверхности при проектировании процессов механической и физико-технической обработки: дис. ... док. техн. наук / О.Б. Федосеев. – М.: Машиностроение, 1992. – 300 с.
2. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
3. Пашнев, В.А. Повышение эффективности шлифования трехслойных металл-композитных систем: дис. ... канд. техн. наук / В.А. Пашнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 209 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА «УПРАВЛЕНИЕ СТРАТЕГИЕЙ» СМК ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.В. Сырейщикова, Е.Е Шемарова

Современный темп изменения и увеличения различных требований к выпускаемой продукции и самому предприятию настолько высок, что стратегическое планирование представляется единственным способом формального прогнозирования будущих проблем и возможностей. Оно должно обеспечивать высшему руководству возможности создания плана на длительный срок. Стратегическое пла-

нирование дает также основу для принятия решения. Знание того, чего предприятие хочет достичь, помогает наметить наиболее подходящие пути действий. Формальное планирование способствует снижению риска при принятии решения. Обоснованные и систематизированные плановые решения не зависят от недостоверной информации о возможностях предприятия или от внешней ситуации. Планирование, поскольку оно служит для формулирования установочных целей, помогает создать единство общей цели внутри предприятия. Сегодня стратегическое планирование становится скорее правилом, чем исключением. Многие успешные фирмы в России используют технологии стратегического менеджмента для решения своих задач, а идеи стратегического планирования и управления в бизнесе становятся едва ли не общим местом. Таким образом, вопрос об актуальности развития и улучшения стратегического планирования любого современного предприятия в современных условиях очевиден.

На кафедре «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета выполнена работа по совершенствованию процесса «Управление стратегией» системы менеджмента качества (СМК) на ОАО «Комбинат «Магnezит». В работе впервые описано применение современных концепций стратегического маркетинга применительно к данному предприятию. В ходе работы были четко сформулированы миссия и цели организации, в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 9001 – 2001, пересмотрена и откорректирована Политика в области качества. С помощью матрицы SWOT и PEST – анализ были оценены возможности предприятия, выявлены его сильные, слабые стороны и внешние связи, а также были решены другие задачи по формулированию стратегии организации. Все это необходимо для начала организации работ по стратегическому маркетингу.

Для предприятия была подробно описана методика применения системы сбалансированной счетной карты (BSC), которая является одним из самых известных инструментов, используемых для решения задач, связанных с проблемами стратегического управления. BSC можно использовать в различных ситуациях и для различных стратегических целей. С помощью сбалансированной счетной карты можно дифференцировать показатели, а также добиться того, чтобы они отражали действительную стратегию компании. Стратегические карты позволяют визуально представить взаимосвязи между стратегическими целями, которые преследует компания, и измерениями BSC.

Кроме того, для измерения стоимости основных процессов в компании и оценивания прибыли, которую приносят основные группы ее клиентов, также применена методика «Процессно-ориентированный анализ рентабельности» (ABPA) М. Мейера. ABPA и BSC – это две различные методики, однако они прекрасно дополняют друг друга, так как BSC показывает, каким образом вы создаете стоимость, а ABPA позволяет оценивать, каких ресурсов требует создание этой стоимости.

Для предприятия в данной НИР разработана методика описания процесса «Стратегическое управление», составлена блок-схема, представленная на рис. 1,

и описан алгоритм осуществления процесса, а также разработана матрица ответственности с указанием владельцев бизнес-процессов (таблица).

Таблица

Матрица ответственности системы стратегического управления

Подпроцессы	Должности						
	Генеральный директор	Зам. ген. директора по пр-ву и строит-ву	Зам. ген. Директора по коммерции	...	Владелец бизнес-процесса первого уровня	Владелец бизнес-процесса первого уровня	Ведущий специалист
Управление процессом <i>стратегического управления</i>	ОТ	-	-	-	-	-	-
Анализ исполнения счетной карты организации	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	ИН	ИН	УЧ
Анализ исполнения счетных карт процессов первого уровня:	ИН	-	-	-	-	-	-
Бизнес-процесс 1	ИН	ОТ	ИН	ИН	УЧ	-	-
Бизнес-процесс 2	ИН	ИН	ОТ	ИН	-	-	-
...	ИН	-	-	-	-	-	-
Корректировка и утверждение карт стратегии	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	ИН	ИН	УЧ
Корректировка и утверждение счетной карты организации	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	ИН	ИН	УЧ
Корректировка и утверждение счетной карты по процессам первого уровня:	ИН	-	-	-	-	-	-
Бизнес-процесс 1	ИН	ОТ	ИН	ИН	УЧ	-	-
Бизнес-процесс 2	ИН	ИН	ОТ	ИН	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
Корректировка методики и регламентирующих документов	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ
Разработка и утверждение инновационных мероприятий	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ
Разработка и утверждение мотивационных мероприятий	ОТ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ	УЧ

ОТ – ответственный за выполнение подпроцесса; УЧ – участвует в выполнении подпроцесса; ИН – получает информацию о ходе и результатах процесса.

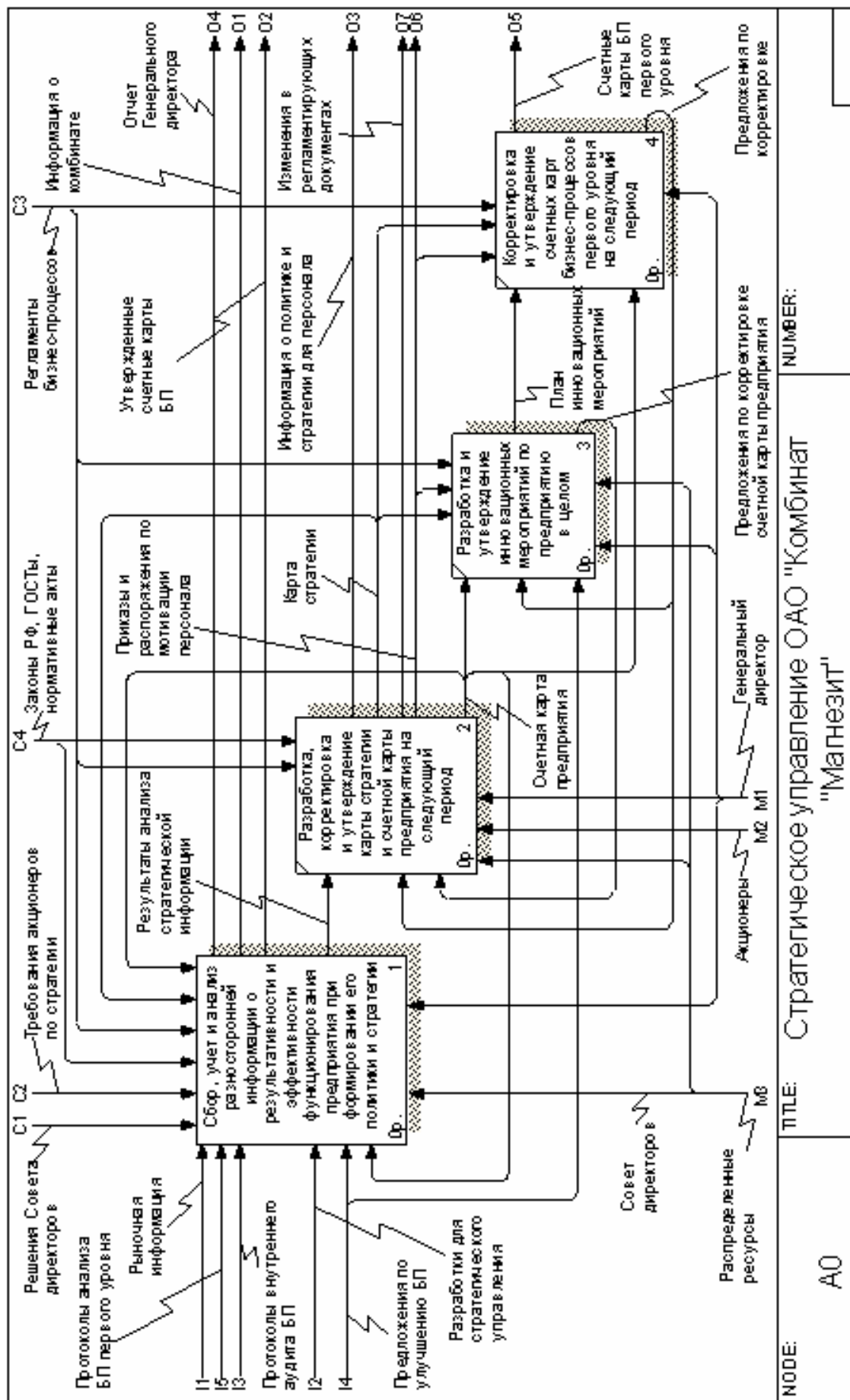


Рис. 1. Блок-схема процесса "Стратегическое управление"

Впервые для рассматриваемого предприятия применены на практике методы функционального и информационного моделирования, а также диаграмм потоков данных с помощью новейшего инструмента визуального проектирования – пакета VRwin версии 1.1. Его применение позволило наглядно представить деятельность предприятия (в данном случае ОАО «Комбинат «Магnezит») по организации стратегического управления в виде модели (рис. 2). Это, в свою очередь, дает возможность для высшего руководства оптимизировать работу организации, проверить ее на соответствие стандартам ISO серии 9000, выявить слабые места в организационной структуре, снизить издержки, исключить ненужные операции, повысить гибкость и эффективность. Использование программы VRwin, дало возможность всесторонне проанализировать процесс создания и внедрения стратегического управления в организации. Все это позволило дать рекомендации по корректировке и совершенствованию деятельности предприятия.

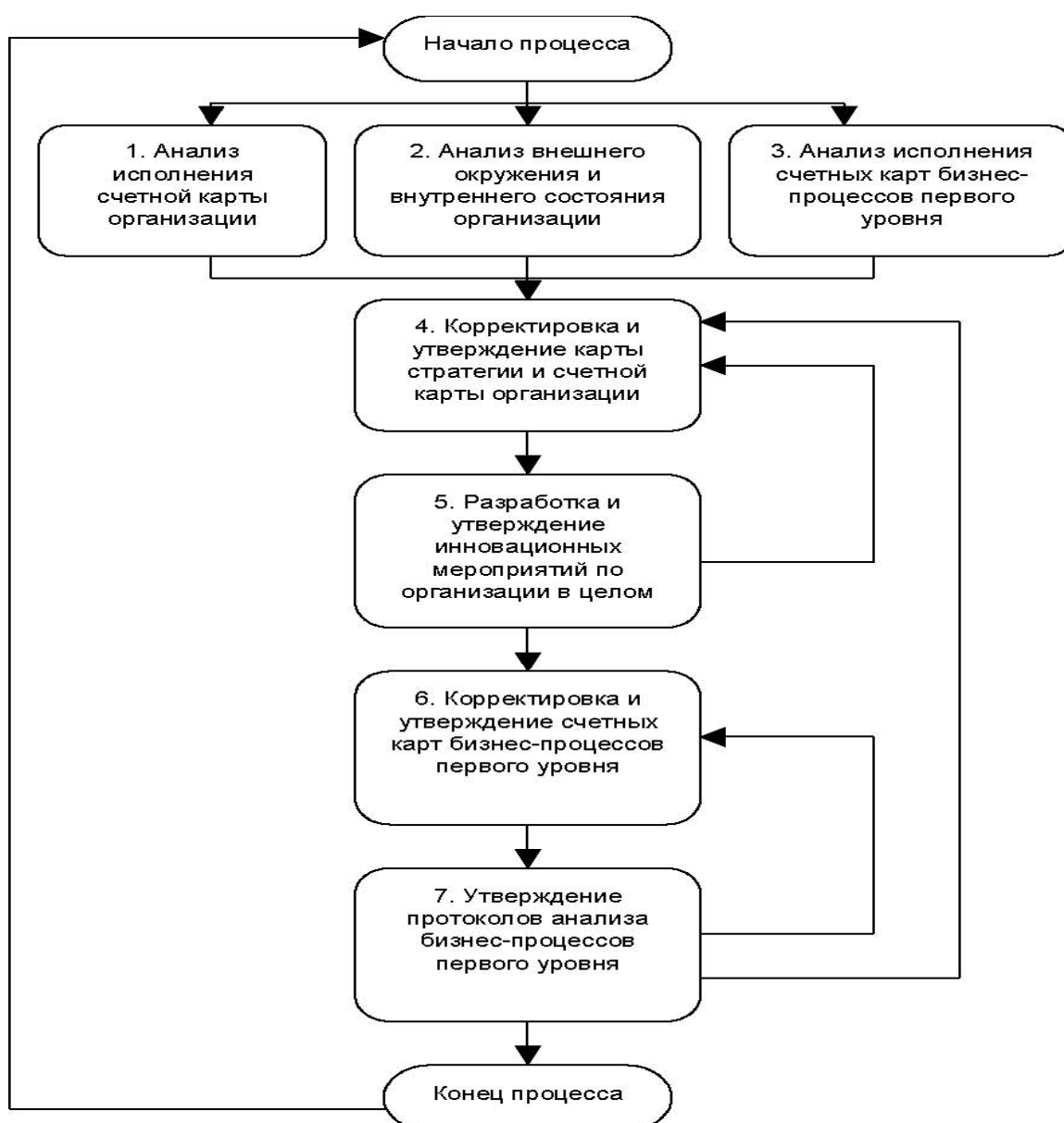


Рис. 2. Технология процесса стратегического управления предприятием

Таким образом, основными результатами выполненной работы являются: разработка методики документирования процесса «Стратегическое управление»; определение основных элементов и факторов процесса «Стратегическое управление»; разработка сбалансированной счетной карты предприятия (BSC); разработка графических моделей процесса с помощью программного пакета «AllFussion Process Modeler» методами IDEF0, IDEF3 и DFD-моделирования; создание паспорта процесса; разработка блок-схемы и алгоритма процесса «Стратегическое управление»; разработка показателей эффективности и результативности процесса «Стратегическое управление», создание их аналитических моделей, а также получение их количественной оценки; разработка, апробирование и внедрение стандарта «Стратегическое управление предприятием. Анализ и порядок оценки результативности СМК»; выполнение анализа, расчета затрат на качество и расчета ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов.

Работа имеет практическую ценность, а результаты – реализованы на ОАО «Комбинат «Магнезит». Экономический эффект от внедрения результатов работы ожидается за два года в объеме 3000 т. р.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.А. Николаенко

Внедрение современных компьютерных технологий на российских промышленных предприятиях позволяет им выжить и преуспеть на рынке машиностроительной продукции. Автоматизация технологической подготовки производства дает возможность предприятиям быстро реагировать на изменение спроса, в короткие сроки модернизировать техпроцессы, эффективно повышать качество изделий. Сегодня практически невозможно привести предприятие в соответствие с требованиями международной системы качества по ISO 9000 без внедрения компьютерных технологий в технологическую подготовку производства. Рассмотрим, как технология связана с другими факторами деятельности человека.

Все цивилизованные люди и организации исповедуют какие-то ценности. На основании этих ценностей формируются соответствующие принципы. Принципы и возможности определяют методики, которые порождают технологии действий (работы). Наиболее значимым элементом технологии является процесс. Процесс состоит из операций. Результат выполнения всех операций процесса – конкретный продукт.

Вся эта цепочка для технолога, проектирующего технологические процессы, графически представлена на рисунке.



Рисунок. Истоки и результат проектирования техпроцессов

Ценности – это общие убеждения, вера по поводу того, что хорошо в жизни. Например, упорный труд – это хорошо, качественная продукция предприятия – это хорошо. Ценности приобретаются посредством обучения.

Принципы проектирования техпроцессов – это законы (правила), на которых строится проектирование технологических процессов, позволяющее избежать ошибок при проектировании.

Основные принципы проектирования техпроцессов механической обработки деталей машин следующие [1, 2].

Технико-экономический принцип проектирования техпроцессов заключается в том, что проектируемый техпроцесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление заданного изделия, при этом изготовление изделия по спроектированному техпроцессу должно вестись с минимальными затратами труда и издержками производства.

Принцип технологичности конструкции изделий заключается в том, что конструкция изделия должна обеспечивать простоту и экономичность его изготовления в конкретных условиях производства.

Принцип типизации производства заключается в том, что при разработке технологического процесса учитывается, для какого типа производства разрабатывается данный технологический процесс. Данный принцип затрагивает уровень подробности проработки технологической документации, выбор моделей технологического оборудования, оснастки и инструмента.

Принцип оригинальности технологических процессов гласит, что технологический процесс изготовления изделия одного наименования, типоразмера и ис-

полнения независимо от типа производства может быть классифицирован, а затем разработан как единичный (ГОСТ 3.1109-82). Разработка единичных технологических процессов характерна для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Принцип унификации технологических процессов гласит, что технологический процесс, относящийся к группе изделий (деталей, сборочных единиц), характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков, может быть унифицирован. Унифицированные технологические процессы подразделяются на типовые и групповые. Эти технологические процессы находят широкое применение в мелкосерийном, серийном и частично крупносерийном производствах.

Принцип типизации технологических процессов предусматривает три направления: типизацию обработки отдельных поверхностей, типизацию обработки отдельных сочетаний поверхностей, типизацию обработки заготовок.

Работа по типизации в любом из указанных направлений начинается с проведения классификации (поверхностей, их сочетаний или деталей). Основной задачей классификации является приведение всего многообразия заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов (классов), для которых можно разработать типовые технологические процессы обработки в нескольких вариантах.

Принцип определенности базирования заключается в том, что при базировании необходимо обеспечить одинаковость положения всех заготовок обрабатываемой партии при их закреплении. Данный принцип реализуется при выполнении двух следующих правил. Правило трех плоскостей гласит, что для полного базирования заготовки необходимо использовать не более трех плоскостей. Правило шести точек гласит, что для полного базирования заготовки необходимо и достаточно создать шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно базовых поверхностей заготовки.

Принцип создания искусственных технологических баз гласит, что если конфигурация заготовки не дает возможности выбрать технологическую базу, позволяющую удобно, устойчиво и надежно ориентировать и закрепить заготовку в приспособлении или на станке, то следует прибегнуть к созданию искусственных технологических баз.

Принцип взаимосвязи технологических баз и технологических размеров заключается в том, что при разработке операционных эскизов необходимо технологические размеры связывать с технологическими базами.

Принцип совмещения (единства) баз гласит, что при назначении технологических баз для точной обработки заготовки в качестве технологических баз следует принимать поверхности, которые одновременно являются конструкторскими и измерительными базами детали, а также используются в качестве баз при сборке изделия.

Принцип постоянства баз заключается в том, что при разработке техпроцесса необходимо стремиться к использованию одной и той же технологической базы, не допуская без особой необходимости смены технологических баз (не считая смены черновой базы).

Принцип дифференциации технологической документации гласит, что степень подробности технологических документов устанавливается в зависимости от типа и характера производства, а также от сложности и точности обрабатываемых изделий. Технологическая документация (по ГОСТ 3.1109-82) может быть оформлена как маршрутное описание технологического процесса, операционное описание технологического процесса, маршрутно-операционное описание технологического процесса.

Принцип расчленения обработки на стадии заключается в том, что в проектируемом технологическом процессе конкретные виды механической обработки (точение, фрезерование, шлифование и т.д.) делятся на стадии (например, предварительное шлифование, чистовое шлифование, тонкое шлифование) и для каждой из них применяются оборудование, инструмент, оснастка, режимы резания, которые позволяют получить соответствующие качество и класс шероховатости поверхности изделия.

Принцип концентрации (укрупнения) технологических операций заключается в том, что несколько простых технологических переходов (операций) соединяются в одну сложную операцию. Технологический процесс, построенный по принципу концентрации операций, состоит из небольшого числа сложных (многопереходных) операций. Принцип концентрации (укрупнения) технологических операций применяется для единичного, мелко- и среднесерийного производства.

Принцип дифференциации (дробления) технологических операций заключается в том, что сложные (многопереходные) операции заменяются на операции, состоящие из небольшого числа простых технологических переходов. Технологический процесс, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых (малопереходных) операций. Принцип дифференциации (раздробления) технологических операций применяется для и крупносерийного и массового производства.

Принцип структуризации технологических операций гласит, что производительность операций зависит от их структур, определяемых количеством заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении или на столе станка (одно- или многоместная обработка), количеством режущих инструментов, используемых при выполнении операции (одно- или многоинструментальная обработка), и последовательностью работы инструментов при выполнении операции.

Принцип взаимозаменяемости деталей и узлов изделий заключается в том, что для конкретных типов производства (единичное, серийное, массовое) применяются соответствующие им виды обеспечения взаимозаменяемости деталей: для единичного – пригонка, для серийного – неполная взаимозаменяемость, для массового – полная взаимозаменяемость.

Методика проектирования – совокупность методов практического выполнения проектирования или обучения этому. Например, методика проектирования зубчатых колес или методика проектирования валов.

Метод проектирования – способ практического осуществления работы. Методика проектирования технологических процессов предусматривает следующие методы.

1. Проектирование по типовому технологическому процессу.
2. Проектирование по групповому технологическому процессу.
3. Проектирование единичного технологического процесса.

Способ проектирования – действие или система действий, применяемые при выполнении проектной работы. Основные способы проектирования техпроцессов механической обработки деталей машин следующие.

1. Ручное проектирование технологических процессов. При этом способе все проектирование производится вручную на бумаге, а окончательный вариант технологического процесса оформляется при помощи простейших печатных (или копировальных) устройств.

2. Полуавтоматизированное диалоговое проектирование технологических процессов на ЭВМ. При этом способе одна часть проектирования производится вручную на бумаге, а другая часть – при помощи диалога со специализированной компьютерной программой (пакетом программ).

3. Автоматизированное проектирование технологических процессов на ЭВМ. При этом способе все проектирование производится на компьютере в специализированной компьютерной программе (пакете программ).

Выбор методики проектирования технологических процессов зависит от квалификации и опыта технолога, условий и средств технологической работы, вре-

мени, отведенного на работу и т.д. Выбранная методика проектирования реализуется в конкретной технологии проектирования.

Технология (от греч. *technē* – мастерство и *logos* – учение) – совокупность способов изготовления (изменения, обработки), осуществляемых в процессе производства какой-либо продукции, выполнения работ.

Технология проектирования – это совокупность способов решения задач проектирования и их практическая реализация для достижения цели проектирования. Цель технологического проектирования – разработка технологических документов.

Льюис Дейвис, писавший о проектировании работ, предложил следующее определение: «Технология – это сочетание квалификационных навыков, оборудования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих технических знаний, необходимых для осуществления желаемых преобразований в материалах, информации или людях». Наиболее значимым компонентом технологии является процесс.

Процесс (лат. *processus* – продвижение) – совокупность последовательных действий (операций) для достижения какой-либо цели. Процессы по исполнителям делятся на машинные и людские. Машинные процессы выполняются различными машинами (например, ЭВМ). Людские (трудовые) процессы – это последовательность выполнения совокупности трудовых действий, осуществляемых исполнителем (исполнителями) работ.

Людские процессы по виду работ делятся на физические и умственные. Физические процессы связаны с движениями исполнителя работ. Умственные процессы связаны с интеллектуальной деятельностью исполнителя работ.

Машинные и людские процессы на предприятии образуют производственный процесс.

Операция (лат. *operatio* – действие) – законченное действие или ряд связанных между собой действий, направленных на решение определенной задачи.

Технологические документы в зависимости от назначения подразделяют на два вида: основные и вспомогательные.

К основным относят документы, содержащие сводную информацию для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач, а также документы полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия).

К вспомогательным относят документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций, например, карту заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др.

Основные технологические документы подразделяют на документы общего и специального назначения.

К документам общего назначения относят технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы (операции), независимо от применяемых технологических методов изготовления, например карту эскизов, технологическую инструкцию.

К документам специального назначения относят документы, применяемые при описании техпроцессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления, например маршрутную карту, карту технологического процесса, карту типового (группового) технологического процесса, ведомость изделий (деталей, сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции), операционную карту и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Основы технологии машиностроения: Учебник / Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

ОБОБЩЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЧАСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ КАК ОСНОВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА ЕДИНСТВА ИХ СТРУКТУРЫ

Ю.И. Мясников. И.А. Щуров

Особенности применения режущих инструментов (РИ) в технологических процессах обработки деталей резанием на металлорежущих станках тесно связаны со структурой технологической системы. По структуре технологическая система состоит из четырех (рис.1,а) функциональных частей: станок (С), приспособление (СП), инструмент (РИ), заготовка (Зг). В процессе обработки функциональные части технологической системы образуют упругую замкнутую систему (рис. 1,б) «Станок-Приспособление-Инструмент-Заготовка», необходимую для осуществления процесса резания. В ней указанные функциональные части рассматриваются как подсистемы. Для достижения необходимого качества обработки заготовок (Зг) к технологическим системам (ТС) предъявляются повышенные требования по прочности, жесткости, виброустойчивости и другие требования.

Подобные же требования предъявляются и к каждой подсистеме в отдельности, в том числе к РИ.

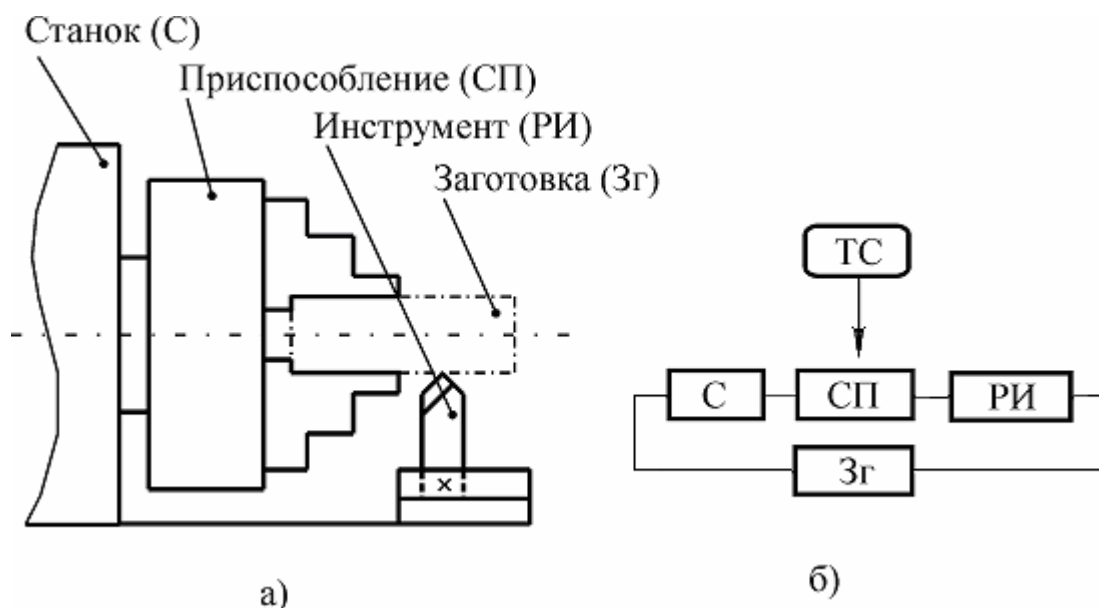


Рис. 1. Структура технологической системы (ТС)

С позиции системного подхода [1] режущий инструмент (РИ) может рассматриваться как сложная техническая система, входящая в качестве подсистемы в структуру ТС.

За все время существования науки о металлорежущих инструментах не прекращались работы по их классификации и классификации их составных частей с целью получения наиболее обобщенных данных о РИ. В качестве примеров можно отметить работы и последних десятилетий В.А. Гречишникова, С.И. Лашнева, П.Р. Родина, М.И. Юликова и др. авторов [2–5]. Важность классификации обусловлена связанными с ней подходами при проектировании инструментов. Наиболее простое расчленение инструмента на составные части традиционное: рабочая и присоединительная [4]. Рабочая часть может делиться на режущую, калибрующую, направляющую и другие. Более подробное разделение расчетов и связанных с ними частей представлено в известной работе [3]: выбор материала рабочей и присоединительной частей; выбор геометрических параметров режущей части; определение габаритов всего инструмента; определение числа зубьев рабочей части; определение размеров механизма крепления режущей части; профилирование зубьев рабочей части и т.д. Наиболее детализированной представляется расчленение инструмента в работе В.А. Гречишникова [2]. Здесь даются графы отображения конструкций инструментов и отображения исходных данных на их проектирование. В последнем случае приводятся прямые связи параметров детали и условий обработки и базовых параметров инструментов. В работе М.И. Юликова, Б.И. Горбунова, Н.В. Колесова [5] упоминается известный в системно-структурном моделировании блочно-иерархический принцип расчленения сложных систем. В соответствии с ним расчленение объектов должно вестись по уровням, при этом элементы самого низшего уровня названы базовыми элементами

или компонентами. Однако приведенные в рассматриваемой работе иерархические схемы дают лишь взаимосвязь между кинематикой формообразования, кинематикой срезания припуска, конструированием инструмента с одной стороны и множествами видов, типов и конструкций инструментов с другой.

Между тем, применение блочно-иерархического принципа в проектировании инструментов давно известно. В частности В.В. Матвеевым в известной работе, посвященной метчикам, рассмотрен вопрос взаимосвязи ключевого параметра точности резьбы детали – приведенного среднего диаметра и базовых параметров инструментов и процесса резания [6]. Изложенная в работе схема устанавливает такую взаимосвязь через три обобщенных фактора: производящий диаметр резьбы инструмента, погрешности его движения и деформации заготовки. Эта схема впоследствии была развита путем ввода промежуточных обобщенных факторов нижних уровней [7]. Такие схемы в отличие от предшествующих схем дают пути к достижению требуемой точности через целенаправленные воздействия по отдельным относительно независимым направлениям.

Указанные классификации, по-нашему мнению, лишь устанавливают наборы исходных данных, множества существующих элементов инструментов и необходимые методики расчета таких элементов. Акцентирование прямых связей некоторых исходных данных и параметров РИ скрывает некоторую общность подходов при их проектировании, что является важным вопросом при рассмотрении сложных конструкций инструментов и, прежде всего, сборных.

Несмотря на большое многообразие различных видов РИ, их служебного назначения и конструктивных особенностей, применяемых в металлообработке, они имеют много конструктивных и геометрических элементов, аналогичных по функциональному назначению и конструктивному исполнению и основанных на общих закономерностях процессов резания [4 и др.]. Это послужило основой для представления структуры РИ (рис. 2) в виде четырех функциональных частей: рабочей (1), соединительной (2) и корпусной (3) частей и дополнительных элементов (4).

Структура РИ поясняется рис. 3, где представлены фрагменты конструкций спирального сверла (а), токарного резца (б), сборной конструкции резца с каналами для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания.



Рис. 2. Обобщенная структура функциональных частей режущих инструментов (РИ)

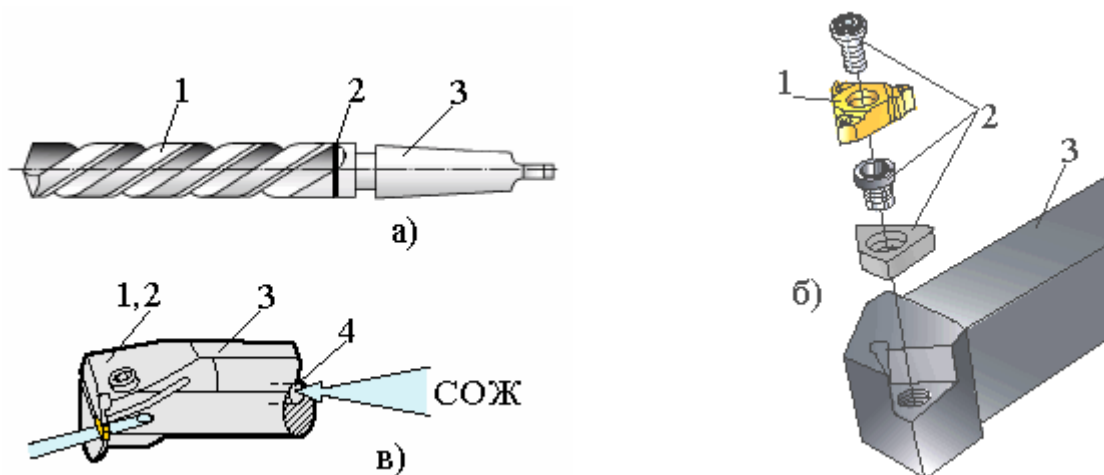


Рис. 3. Структура режущих инструментов различных конструкций:
 1 — рабочая часть; 2 — соединительная часть; 3 — корпус;
 4 — дополнительный элемент

Спиральное сверло (см. рис. 3,а) представляет собой конструкцию, состоящую из рабочей части 1, соединительной части 2 и корпусной части 3, выполненной в виде конического хвостовика. Особенность конструкции сверла заключается в том, что рабочая 1 и корпусная 3 части соединены между собой сваркой (например, сваркой трением), где сварной шов является соединительной 2 частью.

Резец сборной конструкции (см. рис. 3,б) с механическим креплением режущей пластины также состоит из трех частей: рабочей 1, соединительной 2 и призматического корпуса 3. Особенность конструкции резца заключается в том, что рабочая часть 1 (трехгранная режущая пластина) и соединительная часть 2 (винт крепления режущей пластины, винт крепления опорной пластины, опорная пластина) представляют собой конструктивное единство рабочей и соединительной частей.

Резец с внутренним каналом (см. рис. 3,в) для подвода СОЖ имеет в структуре, в отличие от предыдущих конструкций РИ, состоящих из рабочих 1, соединительных 2 и корпусных 3 частей, дополнительный элемент 4 — канал для подвода СОЖ в зону резания.

Все части РИ имеют свое назначение и выполняют различные функции, поясняемые ниже.

Рабочая часть РИ. Эта часть РИ (см. рис. 3) непосредственно обеспечивает обработку заготовки резанием. В различных РИ рабочие части формируются из режущих, направляющих, калибрующих, направляюще-калибрующих и других элементов. Например, режущие элементы рабочей части состоят из одной или нескольких режущих кромок, имеют определенную геометрию (геометрические параметры резания) и производят основную работу резания. Калибрующие элементы служат для обеспечения окончательных размеров и качества обработанных поверхностей. В зависимости от конструкции и назначения инструментов режущие и калибрующие элементы могут быть оформлены в виде отдельных конструктив-

ных элементов (развертки, метчики и др.) или могут не иметь конструктивного разграничения (резцы и др.). В рабочей части РИ формируются стружкоотводящие канавки, элементы дробления или завивания стружки, каналы для подвода СОЖ в зону резания и другие. Для эффективного использования инструментов их рабочие части должны иметь надлежащую форму, размеры и оптимальные значения геометрических параметров.

Соединительная часть РИ. Она служит (см. рис. 3) для соединения рабочей части с корпусом и может составлять с ней одно целое (цельные или монолитные инструменты), соединение сваркой или пайкой, быть сборной (механическое крепление) и др.

Корпусная часть РИ. Эта часть РИ (см. рис. 3) должна обеспечивать жесткое и надежное соединение рабочей части и самого инструмента в целом на станке с учетом конструкции и присоединительных размеров исполнительного рабочего органа станка — шпинделя, револьверной головки и т.п. Установочная часть корпуса РИ может иметь различную форму — призматическую (например, для установки резцов), коническую или цилиндрическую (например, для установки сверл) и другие формы, может быть сборной, иметь специальные отверстия.

Дополнительные элементы РИ. Они относятся (см. рис. 3,в) к конструктивным элементам, обеспечивающим дополнительные свойства РИ. К числу таких элементов относятся устройства для подвода СОЖ в зону резания, конструктивные элементы для проверки качества РИ (например, центровые отверстия для проверки биения режущих кромок или направляюще-калибрующих ленточек) и другие.

Примечание. В зависимости от вида конструкции и назначения каждый РИ может располагать различными конструктивными элементами, но для осуществления процесса резания каждый РИ должен иметь рабочую часть с необходимой геометрией режущих элементов, соединительными и дополнительными элементами, определенным образом располагаемыми на корпусе РИ.

Результаты разработки обобщенной структуры РИ, приведенной на рис. 2, являются отражением «принципа единства структуры РИ». В основе этого принципа (с позиций системного подхода) положена идея о том, что любой РИ, рассматриваемый как сложная техническая система, имеет общую декомпозиционную структуру. Наличие единства структуры РИ может служить основой для создания общей методики их проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мясников, Ю.И. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие / Ю.И. Мясников. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 483 с.

2. Гречишников, В.А. Системы проектирования режущих инструментов / В.А. Гречишников. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. – Сер. 9, вып. 2. – 52 с.
3. Лашнев, С.И. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ / С.И. Лашнев, М.И. Юликов. – М.: Машиностроение, 1980. – 208 с.
4. Родин, П.Р. Основы проектирования режущих инструментов / П.Р. Родин. – Киев: Высшая школа, 1990. – 424 с.
5. Юликов, М.И. Проектирование и производство режущего инструмента / М.И. Юликов, Б.И. Горбунов, Н.В. Колесов. – М.: Машиностроение, 1987. – 296 с.
6. Матвеев, В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
7. Щуров, И.А. Модификация схемы влияния конструкторско-технологических факторов на точность резьбообработки метчиками / И.А. Щуров // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. – С. 102–110.

БЛОЧНО-ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ГРУППИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНСТРУМЕНТОВ

И.А. Щуров

В предыдущей статье этого сборника отражены основные варианты классификации составных частей инструментов [1–3], отмечен блочно-иерархический принцип расчленения сложных систем [4], использованный В.В. Матвеевым [5] и автором данной статьи [6] применительно к резьбообработке. Такие исследования продолжаются непрерывно, поскольку они позволяют более осмысленно и системно подходить к вопросам проектирования инструментов.

Ниже, на основе такого подхода приводится еще одна попытка классификации факторов, рассматриваемых при проектировании инструментов (см. рисунок). Прежде всего, отметим основные группы **исходных данных**, необходимых для проектирования инструмента. Это: 1) параметры материала поступающей на операцию заготовки; 2) ее размеры, их допуски, допуски формы и расположения ее поверхностей; 3) размеры получаемой поверхности детали, их допуски, допуски формы и расположения этой поверхности на получаемой заготовке; 4) оборудование для производства детали и требуемая производительность; 5) требования по автоматизации, связанные со сменой и регулировкой размеров инструмента; 6) отнесенная на деталь себестоимость обработки этим инструментом.

Проектирование инструмента зависит от всех этих данных и, в свою очередь, определяется различными факторами. Предлагается выделить четыре уровня обобщенности таких факторов, которые, в свою очередь, определяются множеством параметров инструмента и процесса обработки или первичных факторов. К **первому уровню обобщения (I)** отнесем две важнейших причины, которые определяют проектирование инструмента. Назовем их факторами первого уровня – функциональность инструмента и его изготовление (восстановление).

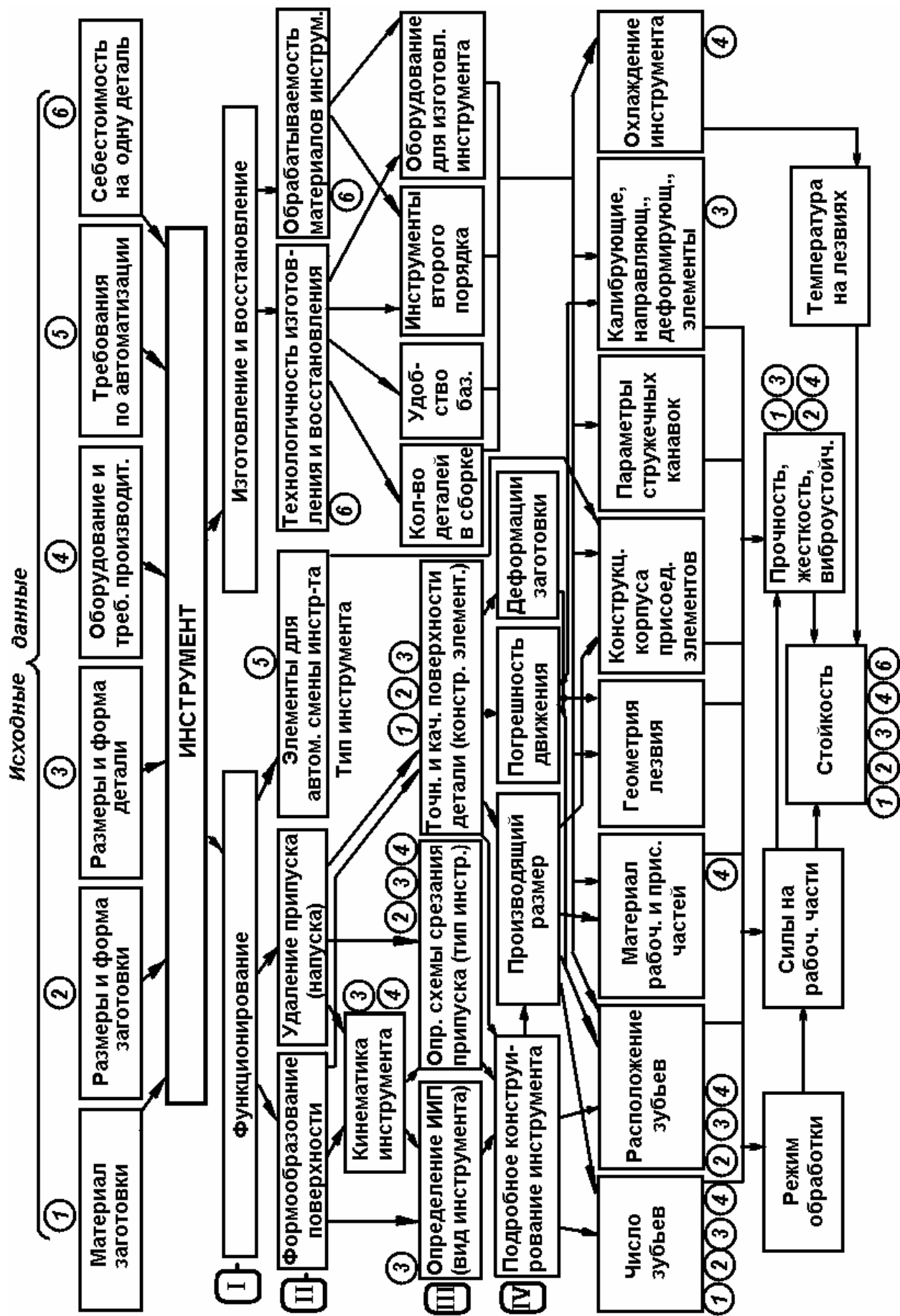


Схема влияния исходных данных проектирования инструмента на его базовые параметры через обобщенные

Функциональность инструмента, в свою очередь, определяется формообразованием требуемой поверхности детали, удалением при этом припуска или напуска и обеспечением требований автоматизации производства. Последнее зависит от исходных данных указанной выше 5-й группы. Изготовление и восстановление инструмента зависит от технологичности его конструкции и обрабатываемости его материалов, в особенности, его режущей части. Этот выбор во многом зависит от условий, указанных в 6-й группе исходных данных. Все эти факторы отнесем к **факторам второго уровня обобщенности (II)**. Факторы этого уровня определяют поднаправления проектирования общего плана.

Формообразование поверхности и удаление припуска определяется кинематикой инструмента. Формообразование поверхности с учетом кинематики определяет вид инструмента [4]. Он же определяется и поверхностью заданной детали (3). Фактор удаления припуска и кинематика инструмента определяют схему среза припуска, которая определяется, в конечном счете, параметрами заготовки (2) и детали (3), а также применяемым оборудованием и требуемой производительностью (4). Здесь определяется тип инструмента [4]. Правильность решения задачи формообразования, а также характер удаления припуска определяют точность и качество получаемой поверхности детали. Это обстоятельство зависит от материала заготовки (1), ее размеров (2), размеров и формы детали (3). От этого зависит далее выбор необходимых конструктивных элементов. Перечисленные факторы функциональности инструмента отнесем к **факторам третьего уровня обобщения (III)**. Аналогично рассмотрим фактор изготовления инструмента. Технологичность его изготовления и восстановления зависит от количества деталей в составном или сборном инструменте; наличия удобных баз, выполнения принципа их единства. Сложность поверхностей инструмента определяет сложность применяемых инструментов второго порядка и оборудования инструментального производства.

Все эти обобщенные факторы отнесены также к **факторам третьего уровня обобщения (III)**. Таким образом, факторы третьего уровня также как и факторы предыдущих уровней отражают проектирование инструмента в общем или принципиальном виде.

Все, что связано с функциональностью инструмента, можно детализировать и в аспектах четвертого уровня. В частности, после определения вида инструмента, его типа и перечня конструктивных элементов подробно разрабатывается конструкция этого инструмента. Конструкция инструмента, требования по точности выполняемой поверхности детали определяют производящий размер инструмента. Фактор точности также лимитирует погрешности движения инструмента. Обеспечение точности связано и с упругими и тепловыми деформациями заготовки в процессе ее обработки. Все это **факторы четвертого уровня обобщения (IV)** при проектировании инструмента. Такие факторы однозначно определяют инструмент, на основании их далее ведется только расчет его количественных параметров (в отдельных случаях возможны уточнения подробных конструктивных особенностей, например, узлов крепления пластин их формы и расположения).

Можно сказать, что все перечисленные выше факторы проектирования инструмента определяют следующие его параметры. Это параметры, связанные с конструкцией инструмента, например, число его зубьев, характер их расположения. Они же зависят от производящего размера инструмента. От последнего, в свою очередь, зависят: материал рабочей и присоединительной частей (через деформации инструмента); конструкция корпуса и присоединительной части инструмента. Погрешность движения инструмента связана с расположением зубьев, геометрией лезвия (формируют силы на рабочей части инструмента), а также с наличием или отсутствием калибрующих, ведущих, выглаживающих, деформирующих элементов, которые стабилизируют движение инструмента. Деформации заготовки, определяются воздействиями на нее со стороны инструмента. Поскольку такие воздействия определяют и характер движения последнего, то влияющие на деформацию факторы аналогичны предыдущему случаю.

Рассматривая второй обобщенный фактор проектирования первого уровня – изготовление и восстановление инструмента, отметим, что количество деталей в сборке, вопросы базирования, использование инструментов второго порядка и инструментального оборудования, – все это связано с характером расположения зубьев, материалом инструмента, геометрией лезвий, конструкцией корпуса и присоединительных частей, особенностями формы стружечных канавок, калибрующими, направляющими, деформирующими элементами, устройствами для охлаждения инструмента и заготовки. Все эти первичные параметры инструмента в большей или меньшей степени зависят от исходных данных. Например, число зубьев зависит от материала заготовки (более прочный материал, при прочих равных условиях, требует большего числа зубьев для снижения нагрузки на каждый из них), от размеров заготовки (большой припуск также часто требует большего числа зубьев, жесткая заготовка требует снижения нагрузки на нее для обеспечения требуемых условий резания), от размеров и формы самой поверхности детали (большая точность обуславливает снижение нагрузки на зубья с профилирующими режущими кромками), от требуемой производительности (большее число одновременно работающих зубьев увеличивает съем металла в единицу времени). Все эти данные указаны на схеме. В общем случае себестоимость инструмента увеличивается с увеличением числа зубьев, однако это условие, по нашему мнению, чаще всего не является определяющими в стоимости и не доминирует при проектировании инструмента.

Необходимо отметить, что перечисленные выше факторы проектирования связаны с другими важными факторами: параметрами режима обработки, который вместе с предыдущим определяет поле сил на рабочей части инструмента, которые, в свою очередь, влияют на прочность инструмента, определяют его деформации и вибрации. Все это вместе с температурой, зависящей от условий охлаждения, влияет на стойкость инструмента.

Проиллюстрируем приведенную схему на примере проектирования сборной резьбонарезной головки. На *первом этапе* изучается функционирование этого инструмента, которое связано с получением резьбы заданной точности. Нарезание резьбы производится в заготовке с предварительно просверленным цилиндриче-

ским отверстием. Следовательно, задача инструмента – сформировать винтовую поверхность резьбы путем срезания части металла в винтовых канавках этой резьбы.

На *втором этапе* решается вопрос формообразования, удаления припуска, устанавливается наличие требований по автоматизации смены инструмента. В данном случае винтовая поверхность образуется при одном винтовом формообразующем движении инструмента, и именно это определяет его кинематику. Следовательно, инструмент работает по методу копирования. За один рабочий ход он должен удалить весь припуск. Если головка работает, например, на многооперационном станке, где предусмотрена автоматическая смена инструмента, то необходимо предусмотреть необходимые для этого элементы.

Далее реализуется *третий этап* проектирования инструмента. Зная кинематику инструмента и форму поверхности детали, можно определить его ИИП. В данном случае – это винтовая поверхность, совпадающая с номинальной поверхностью детали. Таким образом, это червячный инструмент. Поскольку других движений у резьбонарезной головки не предусмотрено, то припуск необходимо срезать, реализуя конструктивную подачу. Можно использовать генераторную схему резания, когда главные режущие кромки не повторяют форму поверхности детали, а располагаются последовательно, срезая припуск ступенчато. Исходя из ИИП и схемы срезания припуска, определяется тип инструмента – резьбонарезной мерный инструмент. Его режущие зубья располагаются вдоль винтовой линии, при этом их главные режущие кромки лежат на поверхности вращения, например, конической поверхности. В зависимости от точности детали и требуемого качества ее поверхности резьбонарезную головку можно оснастить дополнительно ведущими или выглаживающими элементами. На этом третьем этапе уточняются требования по автоматизации смены инструмента, определяется тип его крепления. Таким образом, здесь определяются общие черты инструмента.

Рассматривая вопрос изготовления инструмента, определяют, из каких деталей он может состоять (плоские плашки, круглые гребенки, вид корпуса – хвостовой насадной и т.п.) и возможности существующего оборудования и инструментов второго порядка.

После принятия таких принципиальных решений переходят к более подробному изучению инструмента – то есть к *четвертому этапу*. Прежде всего, начинается подробная проработка конструкции; уточняются число, форма, размеры и расположение плашек; механизмы их крепления к корпусу; определяются форма и размеры корпуса, уточняются его присоединительные части. Таким образом, данный элемент четвертого фактора описывается уже базовыми параметрами инструмента.

Требуемая точность резьбы детали обуславливает расчет еще одного фактора четвертого уровня – производящего размера инструмента. В данном случае – это производящий средний диаметр резьбы этого инструмента. Он зависит от точности изготовления головки (а это – оборудование и инструменты второго порядка), ее упругих и тепловых деформаций (это – ее жесткость, силы и нагревание). Далее необходимо определить предельную погрешность движения инструмента и

деформации заготовки в процессе обработки. Влияющие на эти факторы силы резания на зубьях, определяют их число, расположение на перьях; при необходимости может быть их шахматное расположение или использование «пульсирующей резьбы». При необходимости решаются и вопросы подвода в зону резания смазывающе-охлаждающих средств.

Приведенная схема позволяет проследить связь исходных данных для проектирования инструмента с его базовыми параметрами и элементами через обобщенные факторы. Это, по мнению автора данной статьи, позволяет более целенаправленно и осмысленно подходить к проектированию инструмента и совершенствованию его конструкции.

Пусть, например, получаемая головкой точность резьбы детали оказывается неудовлетворительной. В этом случае необходимо проследить цепочку: «Функционирование» – «Формообразование поверхности» и «Удаление припуска» – «Точность и качество поверхности детали» – «Производящий размер», «Погрешность движения», «Деформации заготовки». Далее можно проследить влияние на эти факторы повышения точности размеров головки, повышения ее жесткости, снижения сил резания на зубьях путем увеличения их числа, изменения расположения и формы (корригирование, пульсация резьбы), улучшения геометрии лезвий, изменения материала (например, путем использования покрытий), использования смазки. Можно стабилизировать движение инструмента, если оно оказалось неудовлетворительным. Последнее достигается введением калибрующих, ведущих, выглаживающих элементов, снижением несбалансированных сил на рабочей части (влияние по силам см. выше). Для минимизации деформаций заготовки также снижают силы или (и) улучшают охлаждение в зоне резания. Схема показывает, что изменение других обобщенных факторов: изготовление, изменение кинематики формообразования, изменение ИИП не даст необходимого результата. Последнее может привести лишь к смене вида инструмента (например, фрезерование резьбы или ее точение). Не связан с точностью и вопрос автоматизации смены инструмента. В тоже время изменение конструкции корпуса и крепления зубьев (плашек), характера расположения зубьев и их формы неминуемо скажется на технологии изготовления инструмента. Не всегда желаемые изменения конструкции выполнимы технологически при приемлемой стоимости инструмента. Этот факт в схеме также отражен.

Таким образом, в статье предпринята еще одна попытка группирования факторов, рассматриваемых при проектировании инструментов, их параметров и параметров процесса резания в виде блочно-иерархической схемы. Введенные обобщенные факторы различных уровней позволяют структурировано и целенаправленно производить расчет и совершенствовать конструкцию инструментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гречишников, В. А. Системы проектирования режущих инструментов / В.А. Гречишников. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. Сер. 9, вып. 2. – 52 с.

2. Лашнев, С.И. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ / С.И. Лашнев, М.И. Юликов. – М.: Машиностроение, 1980. – 208 с.
3. Родин, П.Р. Основы проектирования режущих инструментов / П.Р. Родин. – Киев: Высша школа, 1990. – 424 с.
4. Юликов, М.И. Проектирование и производство режущего инструмента / М.И. Юликов, Б.И. Горбунов, Н.В. Колесов. – М.: Машиностроение, 1987. – 296 с.
5. Матвеев, В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
6. Щуров, И.А. Модификация схемы влияния конструкторско-технологических факторов на точность резьбообработки метчиками / И.А. Щуров // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. – С. 102–110.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛНОПРОФИЛЬНОГО РЕЗЬБОВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В.П. Качаев

В настоящее время графитированный материал нашел широкое применение во многих отраслях промышленности. Особое место занимают графитированные электроды и ниппели, основным потребителем которых является электрометаллургия качественных сталей. Указанные детали имеют конические резьбовые поверхности, которые получают сборными резьбовыми фрезами, оснащенными гребенками.

Опытными исследованиями установлено, что в данном случае режущий инструмент формирует три из четырех основных параметров конической резьбы пары электрод-нипель и, таким образом, должен иметь микронную точность по всему резьбовому контуру гребенки. Следовательно, в соответствии с известной схемой В.В. Матвеева [1], прежде всего, целесообразно рассмотреть существующие методы обработки самого инструмента. Последней операцией, обеспечивающей точность резьбовой гребенки, является в настоящее время алмазная заточка, осуществляемая либо на заточном станке по шаговой рейке, либо на модернизированном токарно-винторезном станке. Из существующей классификации погрешностей известно, что ошибка шага, присутствующая как на шаговой рейке, так и на ходовом винте указанных процессов заточки, суммируется с остальными технологическими погрешностями и будет накапливаться от зуба к зубу. Если же учесть, что сама точность оборудования не позволяет достичь отклонений шага менее чем 0,02 мм, то станет очевидным, что возможности существующей технологии заточки резьбовых элементов по точности приходят в противоречие с точностными требованиями, установленными на чертеже детали. Аналогичная ситуация выявляется и при анализе размера гребенки по конусности: здесь наблюдается нежелательное превышение радиального положения вершины любого зуба над предыдущим.

Таким образом, можно утверждать, что сам принцип размерной обработки резьбового контура режущего элемента, основанный на использовании физических профилей-копиров (шаговая рейка, ходовой винт и так далее), не может обеспечить заданной точности из-за суммирования на гребенке погрешности ведущего элемента – физического копира. Такое положение еще раз обосновывает необходимость перехода при изготовлении высокоточных резьбовых гребенок от физического копира к некоторым другим средствам, обеспечивающим достижение теоретического профиля.

С участием автора данной статьи необходимая точная технология была создана. Основой этой технологии является реализация операций, формирующих основные точностные показатели резьбовой гребенки, на электроэрозионном станке с непрофилированным электродом и с использованием числового программного управления. В этом случае автоматически и непрерывно выдерживаются условия, при которых суммирующиеся отклонения резьбового профиля не превышают заданных параметров, определенных программой ЧПУ.

Обеспечение новой технологии основано на отечественных электроэрозионных станках с ЧПУ модели 4732-ФЗ, обеспечивающих отклонения всего резьбового контура в пределах 0,02-0,03 мм, с шероховатостью Ra 1,25, что удовлетворяет требованиям на резьбовой профиль инструмента. Новая технология позволяет реализовать неограниченный диапазон геометрических и точностных изменений в резьбовом контуре гребенки, а, следовательно, и в резьбе электродов и ниппелей. Процесс реставрации гребенки здесь тоже максимально упрощен. Восстановление ее рабочего состояния после затупления осуществляется на плоскошлифовальном станке по передней, грани гребенки за несколько минут рабочим самой низкой квалификации. Отсутствие микротрещин, прижогов и других поверхностных дефектов на резьбовом профиле пластины, характерных для алмазной заточки, с одновременным упрочнением поверхностного слоя за счет диффузионного проникновения в него материала непрофилированного электрода, позволяет многократно производить восстановление инструмента (от 15 до 20 раз) и таким образом в десятки раз увеличить ресурс резьбовой фрезы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матвеев, В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРОПРОФИЛЯ ШЛИФОВАННОЙ СТАЛЬНОЙ И ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А. А. Кошин, Н. Ю. Шакирова

В настоящее время не существует области техники, где бы ни применялись полимерно-композитные материалы. Они используются при создании судов, автомобилей при строительстве жилья и так далее. За 60 лет существования промышленности композитных материалов область применения армированных пла-

стиков выросла от единичного использования в авиационной и космической промышленности до их серийного производства для общего машиностроения [1].

Однако существенным препятствием для серийного использования полимерно-композитных материалов (ПКМ) является отсутствие всеобъемлющего справочника технолога-машиностроителя, который включал бы все необходимые для инженера-технолога данные для назначения режимов обработки армированных пластиков и выбора оптимального инструмента. Опыт обработки ПКМ показал, что применение к таким материалам значений режимов резания для сталей, выбранных по Общемашиностроительным нормативам (ОМН) [2], приводит к получению некачественной, дефектной поверхности. Это объясняется значительными различиями в структурах стали и ПКМ [3].

Задачей настоящего исследования является анализ характера микропрофиля шлифованной поверхности ПКМ. Анализ проведен на основе результатов, полученных сравнением обработанных шлифованием поверхностей ПКМ и стали.

В настоящее время наибольшее распространение армированные пластики получили в ремонте, при восстановлении стальных деталей в узле изделия. Восстановленная при помощи ПКМ поверхность должна иметь схожий со стальной поверхностью микрорельеф, для обеспечения идентичных эксплуатационных характеристик при работе детали в узле. Сравнительный анализ поможет определить марку ПКМ, свойства которой наиболее близки к свойствам стали.

На основании сравнения результатов возможно определение направления коррекции параметров режимов резания (например, в сторону уменьшения или увеличения значения подачи).

Для проведения исследования были взяты четыре образца с покрытием из ПКМ фирм Devcon (паста “Износоустойчивая WR-2”), ЛЕО (“ЛЕО-сталь”), Chester Molecular (Metall Super), Diamant (Diamant-Стандарт-Сталь), а так же образец Стали 45. Физико-механические свойства ПКМ и конструкционных сталей приведены в табл. 1 [4].

Заготовки обрабатывались на плоскошлифовальном станке модели 3E7118 абразивным кругом марки 25A25ПСМ16K2025.53. Значение радиальной подачи выбиралось по ОМН (плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом). Участки поверхности заготовки шлифовались с радиальными подачами, значения которых отличались в два раза, что позволило проследить степень влияния радиальной подачи на параметры шероховатости шлифованной поверхности (рис. 1). Обработка велась без выхаживания.



Рис. 1. Участки шлифованной поверхности с разными значениями радиальной подачи

Физико-механические и теплофизические свойства конструкционных
и ПКМ материалов

Показатели	Рабочие значения для:	
	ПКМ	конструкционных материалов
Твердость НВ, МПа (по ГОСТ 4670)	120–180	103–380
Предел прочности, МПа: – при сжатии (по ГОСТ 4651) – при растяжении (по ГОСТ 11262) – при изгибе (по ГОСТ 4648) – при нормальном отрыве (по ГОСТ 921476-78)	170–210 25–110 10–40 2–40	324–1500
Модуль упругости, МПа	2–150	до 300
Теплоемкость, кДж/кг*К	0,2–3	до 100
Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,1–2,5	0,46–390
Температуростойкость, °С	–120...+180	800

На рис. 2 представлено сравнение шлифованных поверхностей, обработанных на разных подачах.

Из рис. 2 можно сделать вывод, что нет видимой разницы между шлифованными поверхностями одного материала, обработанными на разных радиальных подачах. Следовательно, значение радиальной подачи S не будет оказывать существенного влияния на микропрофиль поверхности.

С обработанных поверхностей ПКМ снималась профилограмма. Запись проводилась в десяти различных сечениях каждого участка поверхности для дальнейшей статистической оценки полученных результатов.

В результате записи получены профили поверхности представленные на рис. 3 и рис. 4. На рис. 3 представлено сканированное изображение профиля поверхности. На рис. 4 показана сравнительная таблица профилограмм шлифованных поверхностей ПКМ и Стали 45.

Как видно из рис. 4 при одних и тех же технологических условиях шлифования профилограммы поверхностей разных материалов значительно отличаются. Проведем их сравнительный анализ. За «эталонную» взята профилограмма стальной поверхности.

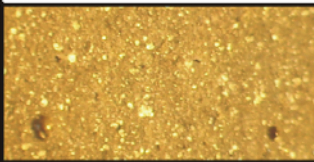
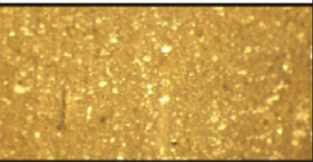


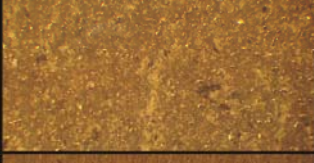
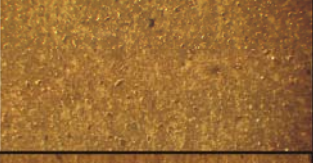




Материал	S=0,045 мм/раб. ход	S=0,091 мм/раб. ход
ЛЕО		
Chester Molecular		
Devcon		
Diamant		
Сталь 45		

Рис. 2. Вид шлифованной поверхности стали и ПКМ, обработанной с разными значениями радиальной подачи (микроскоп МБС-10; увеличение окуляра – 5,85 крат; увеличение объектива – 4,0 крат)

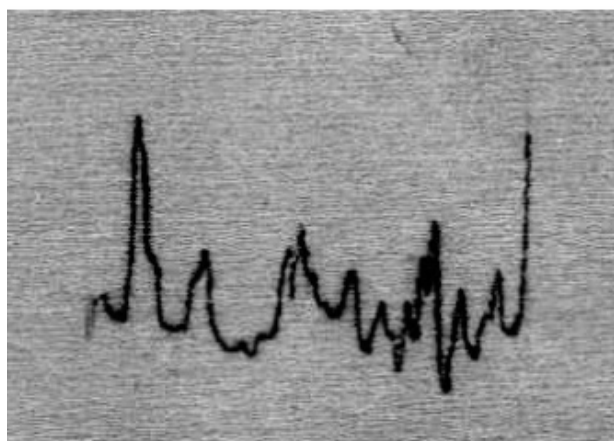


Рис. 3. Профилограмма шлифованной поверхности Diamant (S=0,045 мм/раб. ход; прибор: профилограф-профилометр модели P201; отсечка шага – 0,8; длина трассы интегрирования – 3,2; вертикальное увеличение – 2x1000; скорость протяжки ленты – 80 мм/мин; скорость датчика – 10 мм/мин; масштаб – 1:1 мкм)

Результаты сравнительного анализа сведены в следующие четыре пункта:

1. Величины выступов профиля поверхности ПКМ значительно отличаются в большую сторону по сравнению со стальной поверхностью. Это говорит о том, что при одних и тех же режимах обработки класс шероховатости обработанной поверхности ПКМ будет ниже, чем у стали.

2. Кроме того, имеется большой разброс по величине выступов профиля поверхностей армированных пластиков. В то время как выступы на профилограмме стальной поверхности имеют относительно равные значения. Это свидетельствует о нестабильном характере процесса шлифования ПКМ.

3. Так же следует отметить «островершинность» профиля поверхности ПКМ. Радиус выступов профиля стальной поверхности заметно больше, чем у выступов поверхностей армированных пластиков, что может сильно повлиять на эксплуатационные характеристики, особенно при использовании восстановленной при помощи ПКМ детали в кинематических парах.

4. Двукратная разница в значениях радиальной подачи не оказывает значительного влияния на величину выступов профиля.

Таким образом, строение и обусловленные строением свойства ПКМ оказывают существенное влияние на характер профиля шлифованной поверхности, что необходимо учитывать при назначении режимов резания. Кроме того, выявленные особенности геометрии профиля ПКМ, такие как «островершинность» и значительная разновысотность профиля, требуют дополнительного их количественного описания.

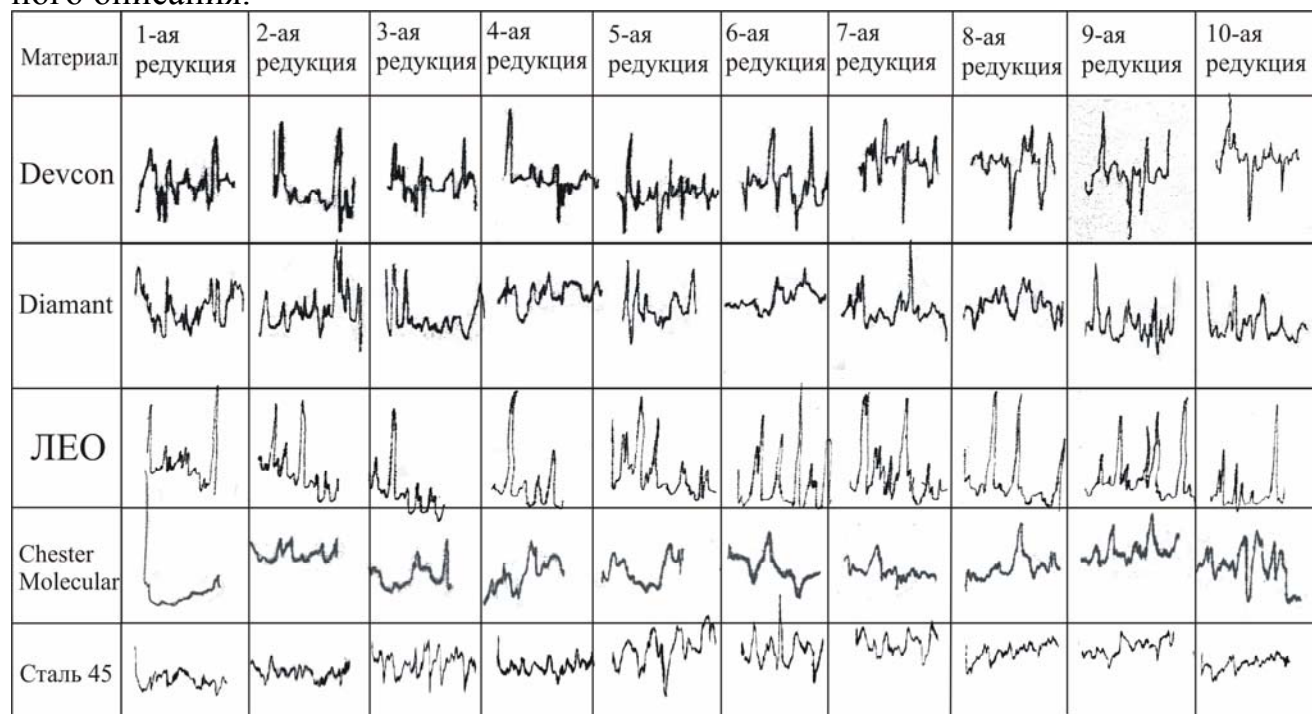


Рис. 4. Профилограммы шлифованных поверхностей ПКМ и Стали 45

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по композиционным материалам. – в 2 т. / Под общ. ред. Б.Э. Геллара. — М.: Машиностроение, 1988. — Т.1. — 448 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени на операции, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с применением автоматизированной системы технического нормирования. — М.: НИИ труда, 1985. — Ч.1. — 207 с.
3. Технические свойства полимерных материалов: уч.-справ. пос. / В.К. Крыжановский. — СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. — 240 с.
4. Пашнев, В.А. Повышение эффективности шлифования трехслойных металл-композитных систем: дис. канд. техн. наук / В.А. Пашнев. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — 209 с.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Импульсный стохастический характер температурного поля детали в зоне шлифования / А.А. Кошин, А.А. Дьяконов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – С. 6–11.

Рассмотрена реализация новой схемы расчета температурных полей детали при шлифовании. Установлены качественные и количественные характеристики температурного поля при шлифовании.

Ил. 4, табл. 2, список лит. — 4 назв.

УДК 621.9

Дьяконов, А.А. Влияние схемы обработки на поле температуры самоподогрева детали при шлифовании / А.А. Дьяконов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 11–15.

Рассмотрены особенности формирования температур самоподогрева при разных схемах шлифования.

Ил. 1, табл. 4, список лит. — 3 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Исследование режущих свойств абразивных зерен методом микрорезания / А.А. Кошин, А.А. Дьяконов, В.Н. Кондаков // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.— С. 16–20.

Изложены результаты исследований процесса резания металлов при шлифовании методом микрорезания.

Ил. 3, список лит. — 4 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Особенности температурного поля в зоне контакта при обдирочном шлифовании / А.А. Кошин, А.А. Дьяконов, А.В. Сопельцев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 20–24.

Даны основные расчетные зависимости для определения температурных полей в зоне контакта. Проведено сравнение температурных полей обдирочного и чистового шлифования. Выявлен ряд особенностей характерных обдирочному шлифованию.

Ил. 4, список лит. — 3 назв.

УДК 681.3.06+681:3.066+621:658.52.011.56+621.573

Пугач, П.Г. Передача и внедрение в действующее производство предприятия учебно-методического комплекса / П.Г.Пугач, А.Б. Чуйков, В.Ю. Шамин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 24–28.

Представлены итоги мероприятий по передаче и внедрению учебно-методического комплекса в действующее производство промышленного предприятия, в результате которых специалисты конструкторских и технологических служб получили хорошую практику отработки технологичности изделий на этапах размерно-точностного проектирования.

УДК 621 : 658.1-50 + 681.518.52

Сурков, И.В. Программно-аппаратный комплекс для автоматизированного контроля на базе системы технического зрения / И.В. Сурков, А.С. Курочкин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 28–30.

Рассмотрена ситуация об использовании систем с числовым программным управлением в области технического контроля, описаны возможности существующих разработок на базе систем технического зрения и предложены направления последующего развития технического контроля в машиностроении.

Ил. 1, список лит. — 2 назв.

УДК 535.24 + 681.327.11

Курочкин, А.С. Использование оптимальных форматов хранения информации в цифровой фотометрии / А.С. Курочкин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 30–32.

Рассмотрены и проанализированы на пригодность к использованию в фотометрии наиболее распространенные форматы хранения изображений.

Табл. 1, список лит. — 3 назв.

УДК 621.92.06 – 529

Сурков, И.В. Способы передачи сигналов при работе контактных датчиков / И.В. Сурков, В.М. Буртовой // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 33–36.

Описаны и проиллюстрированы основные типы передачи сигналов для работы контактных датчиков. Приведено описание и принцип работы систем, описаны области применения.

Ил. 3, список лит. — 3 назв.

УДК 621.833.002.2

Сурков, И.В. Методы и средства контроля эвольвентных поверхностей / И.В. Сурков, М.В. Мягкова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 36–39.

Проведен анализ основных норм показателей точности зубчатых колес. Рассмотрены типовые методы и средства для поэлементного контроля, а также комплексного контроля с помощью координатно-измерительных машин (КИМ).

Ил. 2, список лит. — 5 назв.

УДК 621.92.06 – 529

Суркова, А.И. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ за счет применения систем автоматизированного контроля / А.И. Суркова, В.М. Буртовой // Прогрессивные технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 39–42.

Рассмотрены и описаны основные направления по применению контактных и бесконтактных датчиков, приведены примеры их использования. Описаны способы применения контактных датчиков для осуществления контроля инструмента на станке.

Ил. 1, список лит. — 3 назв.

УДК 621.92

Гузеев, В.И. Диагностика режущих инструментов на станках с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерно-расточной группы / В.И. Гузеев, А.И. Суркова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 42–45.

Рассмотрены и описаны методы диагностики текущей работоспособности режущих инструментов на станках токарной и сверлильно-фрезерно-расточной группы, приведены примеры их использования.

Ил. 1, табл. 1, список лит. — 3 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Показатели и динамика износа абразивных зерен / А.А. Кошин, В.Н. Кондаков // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 45–51.

Представлены результаты исследований показателей и динамики интенсивности износа абразивных зерен в процессе шлифования.

Ил. 6, табл. 4, список лит. — 2 назв.

УДК 621.9

Батуев, В.А. Анализ расчета сил закрепления заготовок в трехкулачковом патроне / В.А. Батуев, С.А. Юмин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 52–56.

Проведен анализ существующих методик по определению зажимного усилия, необходимого для удержания заготовки в трехкулачковом патроне. Выявлены неучтенные факторы, оказывающие существенное влияние на качество обработанных поверхностей. Приведены примеры влияния данных факторов. Определены задачи, решение которых позволит устранить указанные недостатки.

Ил. 3, список лит. — 5 назв.

УДК 621.9

Батуев, В.А. Определение факторов, оказывающих влияние на коэффициент трения-сцепления / В.А. Батуев, С.А. Юмин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 56–60.

Сформулированы основные законы, по которым определяются справочные значения коэффициента трения-сцепления. Определены неучтенные факторы, оказывающие существенное влияние на его значение. Предложена методика экспериментального определения коэффициента трения-сцепления, учитывающая особенности работы зажимных устройств.

Ил. 5, список лит. — 3 назв.

УДК 621.923.7

Сырейщикова, Н.В. Методика оценки качества гибкого абразивного инструмента по прочности закрепления зерна связкой / Н.В. Сырейщикова, А.А. Сырейщиков // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 60–65.

Разработана и внедрена методика оценки качества гибкого абразивного инструмента для предприятий-изготовителей для градации инструмента по операциям; для предприятий-потребителей для обоснованного назначения характеристик инструмента и режимов его применения с целью рационального использования инструмента при наивысшей эффективности операций обработки деталей.

Ил. 1, табл. 2, список лит. — 2 назв.

УДК 621.9

Шаламов, В.Г. Анализ диапазона изменения угла профилирования / В.Г. Шаламов, Е.А. Зимовец // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 66–71.

Решена прямая задача формообразования винтовой поверхности в момент профилирования.

Ил. 3, список лит. — 1 назв.

УДК 621.9

Сарайкин, А.М. Объем металла, срезаемого кругом при профильном шлифовании / А.М. Сарайкин, Д.В. Прыгунов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд – во ЮУрГУ, 2007. – С. 71–73.

Предложена методика определения объема металла, срезаемого кругом за время одного цикла обработки. Знание его позволяет разработать нормативную базу по назначению режимов резания для профильного шлифования.

Ил. 3, табл. 2, список лит. — 1 назв.

УДК 621.9

Шаламов, В.Г. Экспериментальное определение размеров профиля винтовой поверхности / В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин, К.А. Резниченко [и др.] // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 73–78.

Произведена математическая обработка результатов измерения профиля винтовой поверхности. Разработана методика измерения результатов эксперимента с использованием современной электронной техники.

Ил. 3, табл. 2, список лит. — 1 назв.

УДК 621.9

Псарев, С.А. Методика использования программного пакета “Аналитика и диагностика”/ С.А. Псарев, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 79–83.

Разработан программный пакет, позволяющий решать прямую и обратную задачи по оценке погрешностей, вносимой программным обеспечением системы

ЧПУ класса PCNC. В пакете реализованы расчеты для различных типов приводов подачи: следящего и шагового.

Ил. 2.

УДК 621.9

Гатитулин, М.Н. Технологические возможности производства металлических волокон ротационными инструментами / М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин, М.Б. Дербичев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – С. 83–85.

Рассмотрены области применения металлической фибры и волокон, условия формирования металлических волокон, приведены результаты экспериментальных исследований.

Список лит. 6 назв.

УДК 621.9

Пестов, С.П. Обеспечение точности на стадии технологической подготовки производства деталей с отверстиями на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 85–90.

Рассмотрены условия обеспечения точности отверстий на стадии технологической подготовки производства. Приведена пошаговая методика разработки работоспособного технологического процесса формообразования отверстий концевыми инструментами на станках с ЧПУ. При разработке методики использован интервальный метод расчета размерных цепей.

Ил. 1, список лит. 6 назв.

УДК 621.9

Псарев, С.А. Тестирование знаний по системам ЧПУ класса PCNC / С.А. Псарев, П.Г. Мазеин, Э.Ш. Лукманов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 90–93.

Рассмотрена универсальная система тестирования знаний по станкам с ЧПУ, которая может функционировать в компьютерной сети, позволяющая создавать также электронные лекции. Показан пример работы с системой.

Ил. 6.

УДК 621.9

Свиридов, С.Н. Моделирование имитаторов станков с компьютерным управлением / С.Н. Свиридов, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 94–98.

Рассмотрены особенности моделирования компьютерных имитаторов токарных и фрезерных станков, представлены основные возможности интерфейса имитаторов.

Ил. 2, список лит. 2 назв.

УДК 621.9

Савельев, А.А. Роботизированный комплекс / А.А. Савельев, С.Н. Свиридов, С.С. Панов, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 98–103.

Рассмотрены состав, особенности компьютерного имитатора и реального роботизированного сборочного комплекса, представлен пример программирования комплекса.

Ил. 6.

УДК 621.9

Мамонтов, И.С. Особенности программирования гибкой производственной системы с компьютерным управлением / И.С. Мамонтов, А.А. Савельев, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 103–106.

Рассмотрены особенности и предлагаются рекомендации по программированию гибкой производственной системы с компьютерным управлением, состоящей из токарного и фрезерного станков, робота и стеллажа-накопителя.

Список лит. 5 назв.

УДК 621.9

Ардашев, Д.В. Чувствительность эксплуатационного паспорта шлифовального круга к изменению параметров его стандартной характеристики / Д.В. Ардашев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 107–111.

Выполнен анализ влияния изменения марки материала зерна шлифовального круга, зернистости и степени твердости на его эксплуатационные показатели: интенсивность съема металла и износа круга, силу шлифования, а также шероховатость шлифованной поверхности.

Ил. 5, список лит. — 3 назв.

УДК 621.9

Ардашев, Д.В. Уровень стохастичности эксплуатационных показателей шлифовальных кругов / Д.В. Ардашев, А.А. Кошин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 111–114.

В результате стендовых испытаний шлифовальных кругов 5 разных характеристик установлен уровень стохастичности процесса — величины разброса эксплуатационных показателей шлифовальных кругов.

Табл. 2, список лит. — 4 назв.

УДК 621.92

Кошин, А.А. Алгоритмизация нормативной методики процессы абразивной обработки / А.А. Кошин, Н.С. Сазонова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 115–120.

Предлагаются принципы построения, структура и состав алгоритмического обеспечения автоматизированной системы нормирования операций абразивной обработки.

Табл. 1, список лит. — 4 назв.

УДК 621.92

Кошин, А.А. Унифицированная командная строка для общемашиностроительной системы автоматизированного нормирования процессов абразивной обработки / А.А. Кошин, Н.С. Сазонова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 120–125.

На базе проведенного анализа нормативных методик для основных видов шлифования предлагается унифицированная командная строка, которая позволяет разработать единый инвариантный резидентный алгоритм для нормирования всех видов шлифования.

Список лит. — 4 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Типовые нормы на ремонтные техпроцессы с использованием полимерно-композитных материалов / А.А. Кошин, Н.С. Сазонова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 125–133.

Предлагается методика укрупненного нормирования типового технологического процесса в целом. Описан пример разработки нормативной карты для типового технологического процесса ремонта шейки вала с использованием полимерно-композитных материалов.

Ил. 2, табл. 3, список лит. — 4 назв.

УДК 621.9

Мясников, Ю.И. Особенности технологических контрольных приспособлений и их структура / Ю.И. Мясников, Е.Ю. Бобылева // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 134–139.

Рассмотрены принципиальные особенности технологических контрольных приспособлений, особенности их структуры и функциональных частей.

Ил. 7, список лит. — 4 назв.

УДК 621.9

Мясников, Ю.И. Модульные переналаживаемые станочные приспособления в современном производстве / Ю.И. Мясников, Е.Ю. Бобылева, С.В. Беляев, Е.С. Юдин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 139–145.

Рассмотрены принципиальные особенности модульных переналаживаемых станочных приспособлений, особенности их структуры и функциональных частей.

Ил. 7, список лит. — 3 назв.

УДК 621.92

Гузеев, В.И. Особенности расчета сил резания при зубофрезеровании / В.И. Гузеев, П.Р. Шакиров // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 145–148.

Рассмотрены на конкретных примерах особенности расчета сил резания при зубофрезеровании.

Ил. 1, табл. 1, список лит. — 3 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Геометрия зоны шлифования и механика резания при обдирочном шлифовании / А.А. Кошин, А.В. Сопельцев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 148–153.

Проведено сравнение существующих схем обработок и получаемых поверхностей при обдирочном шлифовании. Даны основные расчетные зависимости для определения длины дуги контакта. Проведено сравнение ранее существующих формул и формул, полученных расчетным путем с данными 3D-моделирования зоны контакта детали и шлифовального круга. Даны рекомендации по использованию полученных формул при расчетах длины дуги контакта в процессах абразивной обдирки.

Ил. 7, список лит. — 5 назв.

УДК 621.9

Гатитулин, М.Н. Механика торцового шлифования угольного материала / М.Н. Гатитулин, В.М. Анфалов, С.С. Панов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 153–159.

Рассмотрена механика торцового шлифования угольных материалов. Установлено, что отношение сил резания при планетарном шлифовании к силам резания при торцовом шлифовании во всем исследуемом диапазоне меньше единицы, что снижает энергоемкость процесса планетарного шлифования. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали преимущества планетарного инструмента по отношению к круговому торцовому.

Ил. 3, список лит. — 8 назв.

УДК 621.9

Шереметьев, С.В. Учебная гибкая производственная система с компьютерным управлением / С.В. Шереметьев, С.С. Панов, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. трудов. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 160–165.

Представлено описание модели гибкой производственной системы (ГПС) на базе станков с компьютерными системами ЧПУ. Описан ее состав и функциональные особенности.

Ил.1, список лит. 11 назв.

УДК 621.9

Гатитулин, М.Н. Динамика ротационного фрезерования углеродных материалов / М.Н. Гатитулин, И.А. Петрухнов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 165–170.

Представлены результаты исследований динамики ротационного фрезерования углеродных материалов.

Ил. 8, список лит. — 6 назв.

УДК 621.9

Норин, П.А. Эмиссия первичных электронов из катода / П.А. Норин, А.М. Осипов, А.Н. Третьяков // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 171–174.

Представлены результаты обзора эмиссии первичных электронов катодных процессов в сварочной дуге.

Список лит. — 6 назв.

УДК 621.923.74

Николаенко, А.А. Методика расчета сил резания при шлифовании // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 174–178.

Рассмотрены основные положения методики аналитического расчета сил резания при шлифовании. Проанализировано влияние таких характеристик шлифовального круга как зернистость, твердость, структура на силы резания. Получена математическая модель для расчета радиальной составляющей силы резания, учитывающая характеристики шлифовального круга. Предложен способ экспериментального определения радиальной составляющей силы резания.

Ил. 1, список лит. — 2 назв.

УДК 621.9

Гузеев, В.И. Определение геометрических размеров отбортовки, полученной методом термического сверления в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, Э.В. Шульц // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 178–181.

Рассмотрены возможности определения основных размеров отбортовки исходя из объема вытесненного металла в процессе термического сверления.

Ил. 2, список лит. – 4 назв.

УДК 621.9

Гузеев, В.И. Системное проектирование технических объектов / В.И. Гузеев, Ю.И. Мясников // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – С. 181–187.

Рассмотрены особенности системного проектирования технических объектов и возможности его использования в учебном процессе.

Ил. 3, список лит. – 7 назв.

УДК 621.9

Мясников, Ю.И. Принцип единства процессов проектирования и сборки переналаживаемых станочных приспособлений / Ю.И. Мясников, А.В. Пушкарев, Г.И. Карпенко // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 188–192.

Приводятся результаты обоснования и формулирования принципа единства процессов проектирования и сборки переналаживаемых станочных приспособлений.

Ил. 5, список лит. — 2 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Бездефектное шлифование материалов / А.А. Кошин, Н.Ю. Шакирова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.— С. 192–198.

Рассмотрены возможности бездефектного шлифования полимерно-композитных материалов.

Ил. 2, список лит. — 3 назв.

УДК 658.012.2

Сырейщикова, Н.В. Совершенствование процесса «Управление стратегией» СМК предприятия / Н.В. Сырейщикова, Е.Е. Шемарова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – С. 198–203.

Изложены результаты совершенствования процесса «Управление стратегией» системы менеджмента качества ОАО «Комбинат «Магнезит». Разработаны: методика документирования процесса «Стратегическое управление»; стандарт организации на процесс «Управление стратегией»; паспорт процесса, показатели эффективности и результативности процесса, а также их количественная оценка. Процесс визуализирован IDEF-0, IDEF-3 и DED-моделями. Результаты работы апробированы и внедрены, ожидаемый экономический эффект составит 3000 т. р.

Ил. 2.

УДК 621:658.51 + 658.512

Николаенко, А.А. Проектирование технологических процессов / А.А. Николаенко // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — С. 203–209.

Рассмотрены основные факторы, связанные с технологией проектирования технологических процессов на машиностроительных предприятиях. Даны определения факторов и примеры. Представлена графическая модель стадий подготовки технолога. Проанализирована последовательность подготовки технолога к разработке технологической документации.

Список лит. — 2 назв.

УДК 621.9

Мясников, Ю.И. Обобщенные функциональные части режущих инструментов как основа реализации принципа единства их структуры / Ю.И. Мясников, И.А. Щуров // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.— С. 209–214.

На основе изучения и обобщения функциональных частей режущих инструментов сформулирован принцип единства их структуры.

Ил. 3, список лит. — 7 назв.

УДК 621.9

Щуров, И.А. Блочно-иерархический принцип группирования факторов при проектировании инструментов / И.А. Щуров // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.— С. 214–220.

В статье предпринята еще одна попытка группирования факторов, рассматриваемых при проектировании инструментов, их параметров и параметров процесса резания в виде блочно-иерархической схемы. Введенные обобщенные факторы различных уровней: функционирование (формообразование, удаление припуска,

автоматизация смены инструмента), изготовление (технологичность конструкции, обрабатываемость режущего материала) и другие позволяют структурировано и целенаправленно производить расчет и совершенствовать конструкцию инструментов.

Ил. 1, список лит. – 6 назв.

УДК 621.9

Качаев, В.П. Технологические аспекты изготовления полнопрофильного резьбового режущего инструмента / В.П. Качаев // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.– С. 220–221.

В статье рассмотрены особенности резьбового режущего инструмента при обработке деталей из графита.

Список лит. – 1 назв.

УДК 621.9

Кошин, А.А. Сравнительный анализ особенностей микропрофиля шлифованной стальной и полимерно-композитной поверхности / А.А. Кошин, Н.Ю. Шакирова // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Компьютерная версия. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.— С. 221–225.

На основе экспериментальных исследований выполнен сравнительный анализ особенностей микропрофилей шлифованных поверхностей стальных и полимерно-композитных деталей.

Ил. 4, табл. – 1, список лит. — 4 назв.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ

Тематический сборник научных трудов

Техн. редактор А.В. Миних

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

Подписано в печать 08.12.2006. Формат 60*84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,79. Усл.-изд. л. 13,5. Тираж 100 экз. Заказ 595. Цена С.

Отпечатано: