

Рис. 3. Экспериментальные данные, записанные системой:  
 электроконтактное спекание сферического порошка ПР-Х4Г2Р4С2Ф  
 дисперсностью (-400+315) мкм на сварочной машине МТ-2201

**Литература.** 1. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 583 с. 2. Худолей А.Л., Кузнечик О.О., Пресняков Г.А. Контроль и адаптивное управление в процессах электротермической наплавки покрытий. Республ. межвед. сб. науч. трудов "Сварка и родственные технологии". - Минск, 1999. - Вып.2. - С.119-123. 3. Худолей А.Л., Кузнечик О.О. Теоретические основы адаптивного управления процессами электроконтактного спекания, напекания и наплавки // Машиностроитель. – 2002, №2. – С.18-26. 4. Кашицин Л.П., Худолей А.Л., Сосновский И.А., Кузнечик О.О. Роботизированный комплекс технологического оборудования для индукционного нанесения износостойких покрытий. Материалы междунар. н.-техн. конф. «Автоматизация производственных процессов в сельском хозяйстве», Минск, 7-9 июня 2000г./ ППО «Известия». – Москва, 2000. – С.236-237. 5. Худолей А.Л., Кузнечик О.О. Автоматизация процесса индукционной наплавки. Сб. науч. трудов «Машиностроение» / Под. ред. И.П.Филонова. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – Вып.17. - С.238-242. 6. Райченко А.И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. – М.: Металлургия, 1987. – 128 с. 7. Дорожкин Н.Н., Абрамович Т.М., Ярошевич В.К. Импульсные методы нанесения покрытий. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 279 с. 8. Белявин К.Е., Мазюк В.В., Минько Д.В., Шелег В.К. Теория и практика электроимпульсного спекания пористых порошковых материалов. – Минск, 1997. – 182 с. 9. Сосокин В.Л., Мартинов Г.М. Концепция однокомпьютерной системы ЧПУ типа PCNC // Информатика-Машиностроение - 1999 - № 4 - С.7-15. 10. Мишин Г.П. Особенности проектирования современных систем ЧПУ // Информатика-Машиностроение - 1999 - №5-6 - С.51. 11. Мартинов Г.М. Виртуальные приборы диагностики в системе ЧПУ// Информатика-Машиностроение - 1998 - №4 - С.8-12.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Работоспособность деталей с покрытиями в большой степени зависит от совершенства применяемых методов очистки и подготовки поверхности под нанесение защитных покрытий, включая придание ей соответствующего микрорельефа и определенных физико-механических характеристик, что обеспечивает необходимое качество покрытий.

Интенсификация процессов подготовки поверхности является значительным резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости изготовления деталей, так как в некоторых случаях такая подготовка составляет до 10% от общей трудоемкости всего процесса упрочнения. Поэтому применение более совершенных методов подготовки поверхности является весьма актуальной задачей при восстановлении-упрочнении деталей машин [1].

На практике, благодаря сравнительно высокой производительности и низкой себестоимости, наибольшее распространение получили механические методы подготовки поверхности под нанесение защитных покрытий.

К механическим методам относятся, например, шлифование и полирование, иглофрезерование и крацевание, струйно-и виброабразивная обработка, которые в ряде случаев (при использовании жидких химических активаторов) уже являются химико-механическими методами по своей сущности.

Среди таких методов струйно-абразивная (дробеструйная) обработка является наиболее эффективным методом подготовки поверхности заготовок для покрытий, не требующих предварительного полирования поверхности для устранения дефектов поверхностных слоев.

Механические методы характеризуются простотой оборудования и технологий, обеспечивают требуемую шероховатость поверхности для нанесения покрытий, но имеют в ряде случаев существенные недостатки: невысокая производительность, невысокие параметры точности и качества изделий из-за дефектов поверхностных слоев [2].

В настоящей работе предлагается в качестве высокоэффективного механического метода подготовки поверхности под нанесение защитных покрытий (взамен выше-названного дробеструйного метода с последующим полированием) использовать комбинированную ротационную обработку поверхности заготовки за один рабочий ход специального инструмента.

Такой инструмент включает в себя чашечный ротационный резец, внутри которого установлен деформирующий шар, и обеспечивает совмещение процессов ротационного резания и поверхностного пластического деформирования (ППД) в одном технологическом цикле [3].

Данный метод при обработке жестких цилиндрических образцов диаметром 60-100 мм из сталей 20 и 45 при технологических режимах, соответствующих скорости 80-100 м/мин, глубине 0,6-1 мм, подаче 0,07-0,2 мм/об и усилием деформирования 400-800 Н, позволяет достигнуть шероховатости обработанной поверхности в пределах Ra 1,25-0,32 мкм, устранить дефекты поверхностных слоев от предыдущей обработки и обес-

печить упрочнение за счет наклепа при ППД, который гарантирует повышение усталостной прочности деталей при последующем нанесении покрытий.

Оценка эффективности рассматриваемого процесса с точки зрения качества поверхности образцов, кроме измерений параметра шероховатости  $R_a$  при использовании профилографа-профилометра модели 252, предусматривала также определение с помощью данного прибора относительной опорной длины профиля микронеровностей ( $tr$ ) при фиксированных значениях уровня сечений профиля ( $p$ ), полученных после различных чистовых методов обработки. (см. рисунок 1)

Параметры исходной шероховатости поверхности цилиндрических образцов из стали 20 после предварительного полустого точения в среднем соответствовали  $R_a=8,31$  мкм и  $R_{max}=35$  мкм со значениями  $p$  и  $tr$ , указанными в приведенной ниже таблице.

Метод обработки	p %				
	10	30	50	70	90
	tr				
Полустого точение	3,25	17,25	33,3	60,7	83,3
Чистовое точение	1,5	14,9	48,3	78,3	95,7
Ротационное точение	1,4	16,9	62,9	82,9	91,8
Ротационное точение и ППД	9,4	45,5	71,5	92,5	97,6

Для сравнения было выполнено чистовое точение указанных цилиндрических образцов проходным резцом с твердосплавной пластинкой T15K6 со стандартной геометрией и в диапазоне режимов резания, указанных выше для совмещенной обработки резанием и ППД. При этом были зафиксированы следующие средние параметры шероховатости поверхности  $R_a=1,94$  мкм и  $R_{max}=12,28$  мкм и значения  $p$  и  $tr$ , приведенные в таблице.

Ротационное течение обеспечило, соответственно, получение средних параметров  $R_a=2,5$  мкм и  $R_{max}=16$  мкм со значениями  $p$  и  $tr$ , представленными в той же таблице. Режимы обработки были следующими: скорость порядка 100 м/мин, подача 0,07-0,1 мм/об и глубина 0,6-0,8 мм.

Обработка комбинированным ротационным инструментом на указанных выше режимах, но при деформирующем воздействии на обрабатываемую поверхность шара диаметром 12 мм (при усилии 500-700Н) обеспечила средние параметры шероховатости  $R_a=0,47$  мкм и  $R_{max}=2,7$  мкм со значениями  $p$  и  $tr$ , представленными в таблице.

Анализ построенных опорных линий микронеровностей по уровню сечения профиля при относительном и абсолютном их расстоянии от линии выступов показывает (рисунок 1), что относительная опорная длина профиля поверхностей, обработанных ротационным резцом, практически соответствует таким же значениям опорных длин профиля поверхностей, полученных чистовым точением проходным резцом.

Значения относительной опорной длины профиля шероховатости, полученной обработкой комбинированным ротационным инструментом, были в 4-6 раз большими, чем после чистового и ротационного точения, что указывает на повышение несущей способности обрабатываемых поверхностей и высокую эффективность предлагаемого метода для случая использования его при подготовке поверхностей деталей для нанесения защитных покрытий.

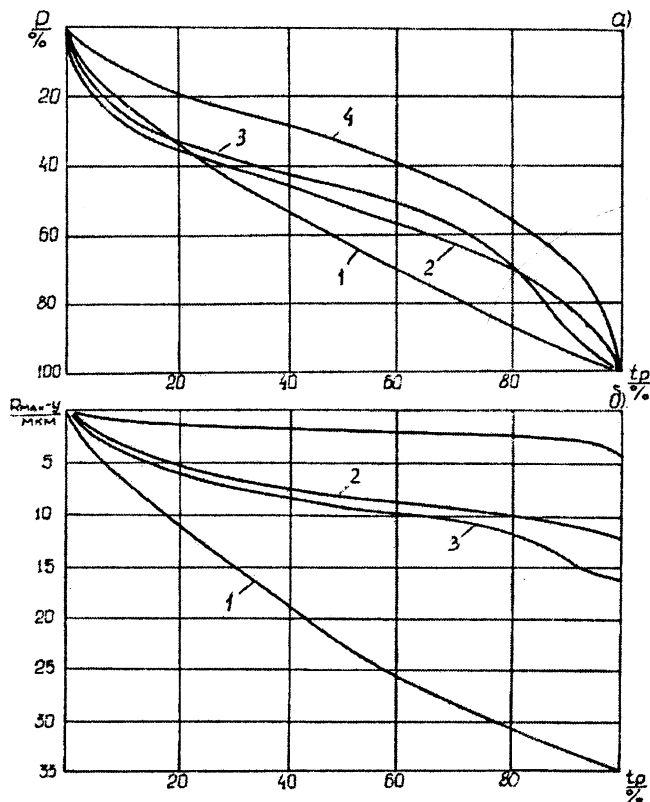


Рисунок 1 Относительная опорная длина профиля поверхностей, обработанных различными методами:  
 а - в относительных координатах, б - в абсолютных координатах;  
 1 - получистовое точение, 2 - чистовое точение, 3 - ротационное точение, 4 - ротационное точение и ППД

**Литература.** 1. Иващенко С.А Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами. /С.А.Иващенко, И.С.Фролов, Ж.А.Мрочек.- Минск: УП "Техноиздат", 2001. – 286 с. 2. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин.- М.: Машиностроение, 1988. – 240 с. 3. Федорцев В.А. Динамическая модель комбинированного ротационного инструмента/ Машиностроение. Вып.12.- Минск, Вышэйшая школа, 1987. –с.71-75.

УДК 621.81.408

А.Н. Кузьмин, Ю.М. Захарик, А.М. Захарик

## ВЫВОД ФОРМУЛЫ ОБОБЩЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РЕАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

*Минский автомобильный завод*

Одним из основных возбуждающих факторов, влияющих на работоспособность трансмиссии транспортного средства являются погрешности изготовления зубчатых колес. Учитывая то, что большинство неточностей являются случайными и независи-