

## **ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

**Т. С. Яцко**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель И. Л. Баршай

Современное машиностроение требует создания и внедрения перспективных технологических процессов изготовления деталей машин с высокими эксплуатационными показателями их рабочих поверхностей

В последнее время все большее распространение в промышленности находят антифрикционные порошковые материалы. Использование этих материалов позволяет экономить дефицитные литые сплавы из цветных металлов, антифрикционных сталей и чугунов, снизить стоимость изготовления и потерь металла в стружку, повысить производительность труда. Технологический процесс изготовления деталей машин методами порошковой металлургии позволяет получать изделия с заданными эксплуатационными свойствами. Однако в ряде случаев для деталей, полученных порошковой металлургией, необходима обработка для обеспечения требуемого качества поверхности.

Одним из прогрессивных методов обработки деталей является поверхностное пластическое деформирование (ППД), которое обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик деталей. Наибольшее практическое использование методов ППД имеет место в Германии, где традиционно уделяется серьезное внимание повышению надежности деталей с помощью внедрения новых технологий. Например, хорошо известны разработки фирмы Hegensheidt, которая выпускает широкую гамму инструмента и оборудования для обработки ППД в автомобильной промышленности. Инструмент для комбинированной обработки резанием и ППД производит фирма Boehringer, а в США – фирма Madison. В то же время можно твердо утверждать, что возможности по управлению качеством поверхностного слоя при ППД использованы далеко не полностью. Технологические способы ППД характеризуются безотходностью. Помимо значительного экономического эффекта они повышают износостойкость изделий. Проблеме формирования качества поверхности деталей машин поверхностным пластическим деформированием посвящена обширная научно-техническая литература [1]–[4].

Обработка деталей из порошковых материалов ППД также, как и монолитных, основана на силовом воздействии деформирующего элемента на поверхность детали. Возникающие при этом деформации локализуются в зоне, непосредственно прилегающей к рабочему профилю деформирующего элемента (ролика) и имеющей определенные геометрические характеристики [5].

Выбор способа и технологических факторов ППД определяется материалом, конфигурацией и условиями работы детали, требованиями к качеству поверхности. Наиболее простыми и эффективными способами формирования качества поверхности ППД являются обкатывание (раскатывание) и алмазное выглаживание.

Сочетание преимуществ порошковой металлургии и ППД позволит перейти к практическим безотходным технологиям изготовления долговечных по износостойкости деталей из антифрикционных порошковых материалов. Качественная картина деформации поверхностного слоя деталей из порошковых материалов иная, чем при обработке монолитных [5]. Специфичность упрочнения обработкой ППД деталей из порошковых материалов определяется иным характером распределения дислокаций

и вакансий в их атомной решетке. Величина пластической деформации материала в продольном сечении детали и зоны пластической деформации в процессе обкатывания определяются суммарным углом охвата ролика материалом детали. Установлено [5], что зона пластической деформации порошковых материалов при обкатывании изменяется в значительно меньшей степени, чем у монолитных.

Опыт использования ППД [5] в качестве отделочно-упрочняющей обработки антифрикционных порошковых материалов показал перспективность использования этого метода для повышения качества деталей. Однако недостаточно изучены вопросы формирования поверхностного слоя при ППД внутренних поверхностей заготовок из порошковых материалов.

В качестве объекта исследования влияния ППД на формирование характеристик качества поверхности заготовок из ПМ были приняты материалы марки ПА-ЖГр2 ( $C = 2\%$ ,  $Fe = 98\%$ ) и марки ПА-ЖГр1Д3 ( $C = 1\%$ ,  $Fe = 96\%$ ,  $Cu = 3\%$ ). Данные порошковые композиции по свойствам являются характерными представителями в своих группах и получили широкое применение в промышленности для изготовления деталей машин.

Экспериментальные исследования проводились на деталях со следующими размерами: наружный диаметр  $D = 25$  мм, внутренний диаметр  $d = 15$  мм и длина  $L = 22$  мм, изготовленных по серийной технологии прессованием с давлением 600 МПа и последующим спеканием при температуре 1130 °С.

Обработку ППД раскатыванием выполняли с помощью многороликовой регулируемой раскатки диаметром 15 мм на вертикально-сверлильном станке мод. 2С132. В соответствии с ГОСТ 2789–73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики», а также учитывая рекомендации [6], определению и анализу подлежат следующие характеристики шероховатости, оказывающие влияние на эксплуатационные характеристики деталей машин:  $R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля, мкм;  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение неровностей профиля, мкм;  $t_p$  – относительная опорная длина профиля (где  $p$  – значение уровня сечения профиля, равный 50 %). Указанные параметры шероховатости поверхности измеряли с помощью профилографа-профилометра мод. 252.

Результаты предварительного анализа влияния ППД на формирование геометрических характеристик поверхности заготовок из ПМ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры качества поверхности заготовок из ПМ до и после ППД

Характеристика	Материал			
	ПА-ЖГр2		ПА-ЖГр1Д3	
	Состояние поверхности			
	до ППД	после ППД	до ППД	после ППД
$R_a$ , мкм	2,3–2,8	0,14–1,95	2,5–3,3	0,14–2,10
$R_{max}$ , мкм	17–19	1,12–7,88	18–21	1,68–7,96
$t_{50}$ , %	10–35	20–60	12–40	21–61

Зафиксировано снижение высотных характеристик шероховатости ( $R_a$ ,  $R_{max}$ ) в 1,6–8 раз и рост опорной длины профиля ( $t_{50}$ ) в 1,4–3,0 раза после ППД, что обеспечивает повышение износостойкости деталей из ПМ.

Методом полного факторного эксперимента [7] были разработаны математические модели, связывающие микрогеометрические характеристики поверхности заготовок из порошковых материалов ( $R_a$ ,  $R_{\max}$ ,  $t_{50}$ ) с режимами ППД: величиной натяга  $i$ , подачей  $S$ , скоростью вращения инструмента  $v$ . Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 2.

Для получения достоверных данных, возможности статистических оценок точности и воспроизводимости экспериментов необходимо их неоднократное повторение. Кроме того, чтобы исключить влияние систематических погрешностей, эксперимент рандомизируется, т. е. опыты проводятся в случайном порядке. Для этого была использована таблица случайных чисел.

Таблица 2

Матрица планирования

Опыт	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	+1	-1	-1	-1
2	+1	+1	-1	-1
3	+1	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1	-1
5	+1	-1	-1	+1
6	+1	+1	-1	+1
7	+1	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1	+1

Натуральные модели с использованием нормализованных факторов имеют вид:

- материал ПА-ЖГр2:

$$R_a = Y_1 = 1,02 - 28,35 \cdot i + 3,97 \cdot S + 0,001 \cdot v + 28,47 \cdot i \cdot S;$$

$$R_{\max} = Y_2 = 3,84 - 92,11 \cdot i + 16,7 \cdot S + 0,0042 \cdot v + 36 \cdot i \cdot S;$$

$$t_{50} = Y_3 = 46,437 + 81,25 \cdot i - 87,5 \cdot S - 0,12 \cdot v;$$

- материал ПА-ЖГр1Д3:

$$R_a = Y_1 = 1,342 - 36,03 \cdot i + 2,8 \cdot S + 0,0023 \cdot v + 59 \cdot i \cdot S;$$

$$R_{\max} = Y_2 = 4,076 - 80,95 \cdot i + 15,28 \cdot S + 0,015 \cdot v + 9,35 \cdot i \cdot S - 0,015 \cdot i \cdot v + 9,35 \cdot i \cdot S + 0,165 \cdot i \cdot v + 0,036 \cdot v \cdot S - 1,19 \cdot i \cdot S \cdot v;$$

$$t_{50} = Y_3 = 44,735 + 443,75 \cdot i - 81,94 \cdot S - 0,097 \cdot v.$$

Анализ математических моделей свидетельствует о том, что в процессе обработки ППД отверстий раскатыванием наибольшее влияние на микрогеометрические характеристики поверхности оказывает величина натяга, а наименьшее – скорость раскатывания.

#### Литература

1. Одинцов, Л. Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л. Г. Одинцов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 160 с.
2. Папшев, Д. Д. Упрочняющая технология в машиностроении / Д. Д. Папшев. – Москва : Машиностроение, 1978. – 152 с.
3. Папшев, Д. Д. Упрочняющая технология в машиностроении (методы поверхностного пластического деформирования) / Д. Д. Папшев. – Москва : Машиностроение, 1986.
4. Каледин, Б. А. Повышение долговечности деталей поверхностным пластическим деформированием / Б. А. Каледин, П. А. Чепя. – Минск : Наука и техника, 1974. – 232 с.
5. Баршай, И. Л. Обеспечение качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей при обработке в условиях дискретного контакта с инструментом / И. Л. Баршай. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 246 с.
6. Алексеев, П. П. Формирование шероховатости поверхности при обработке поверхностей пластической деформацией. Технология машиностроения / П. П. Алексеев. – Тула, 1977. – С. 13–17.
7. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е. И. Махаринский. – Минск : Высш. шк., 1985. – 286 с.

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**В. А. Федина**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель А. Л. Савченко

В настоящее время все необходимые транспортные операции в больницах и лечебно-диагностических учреждениях со стационарами выполняются почти исключительно вручную специальным медицинским персоналом с использованием тележек или медицинских столиков. Особенно плохо обстоит дело с перевозкой тяжелобольных или больных с нарушением опорно-двигательного аппарата на процедуру или операцию. Эта работа оказывается непосильно тяжелой для пожилых санитаров и зачастую является причиной физических травм и других недугов. Поэтому в настоящее время автоматизация перевозки больных, а также автоматизация таких несложных, но чрезвычайно трудоемких ввиду их многочисленности транспортных операций, как снабжение питанием лежачих, разнос по кабинетам и палатам лекарств и медицинских карт, смена белья и постельных принадлежностей, являются одними из наиболее актуальных проблем.

Тележки медицинские как изделия, широко используемые во всех медицинских учреждениях, имеют большое количество функциональных и конструктивных решений. Производители медицинской техники учитывают достижения научно-технического прогресса, поэтому современная тележка не только удобна и надежна при эксплуатации ввиду применения новых и экологически чистых материалов и покрытий, устойчивых к дезинфицирующим средствам, но она также сочетает в себе соответствующий веяниям моды дизайн и функциональность, которая заключается в возможности создавать любые конфигурации в зависимости от потребностей, что обеспечивает решение задачи максимальной применяемости изделия.