

Литература

1. Киселев, М. Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, В. А. Ибрагимов. – Минск : Тесей, 2001. – С 344.
2. Киселев, М. Г. Определение оптимальных режимов двустороннего шаржирования с ультразвуком боковых поверхностей распиловочных дисков по их абразивной способности / М. Г. Киселев, А. А. Новиков, Д. А. Степаненко // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 3. – С. 34–39.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ  
МАКРО- И МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ  
ПРИ ПОВЕРХНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ  
ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Т. С. Яцко**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель И. Л. Баршай

Повышение конкурентоспособности промышленной продукции, выпускаемой в Республике Беларусь, предопределяет необходимость интенсивного поиска эффективных научно-технических решений по увеличению срока службы машин, механизмов и оборудования за счет разработки и применения высокопроизводительных малоотходных и безотходных, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий.

Качество поверхности деталей оказывает существенное влияние на их эксплуатационные характеристики: износостойкость, коррозионную стойкость, усталостную прочность и др. Большую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик деталей играют процессы формирования топографии и упрочнения поверхности. С этой целью 85...90 % изготавливаемых деталей подвергаются финишной и упрочняющей обработке.

В триботехнических узлах машин, работающих в тяжелых условиях трения скольжения с ограниченной подачей смазочного материала, широко используются детали из пористых антифрикционных материалов (ПА) на основе железа. Процессы, применяемые для обеспечения износостойкости деталей из этих материалов, обладают рядом недостатков и в большинстве случаев не позволяют в сочетании с технологиями порошковой металлургии обеспечить безотходное производство, что снижает эффективность применения указанных материалов и технологий.

Для поверхностного упрочнения деталей из ПА в настоящее время используются способы термической и химико-термической обработки, аналогичные тем, которые применяются для деталей из монолитных материалов (ММ). Однако в случае применения указанных видов поверхностной упрочняющей обработки для деталей из ПА имеются свои негативные особенности. Наличие пористости в деталях из ПА способствует снижению теплопроводности, что в свою очередь понижает степень переохлаждения аустенита и прокаливаемость материала. В связи с этим необходимо повышать температурные режимы обработки материалов и использовать активные охлаждающие среды. При закалке деталей из ПА наблюдается появление «пятнистой» твердости вследствие наличия пор и неравномерной плотности. Повышение пористости уменьшает зону закалки и способствует образованию на поверхности изделий вместо структуры мартенсита (как в ММ) структур мартенсит-бейнит или мартенсит-троостит, преимущественно расположенных вокруг пор и имеющих пониженную твердость [1].

Среди многочисленных способов химико-термической обработки наибольшее применение для деталей из железобетонных ПА получили сульфидирование, цементация и марганцирование [1]. Наличие пористости при химико-термической обработке приводит к значительному увеличению скорости насыщения, повышению толщины диффузионного слоя по сечению изделия. Это в случае использования некоторых насыщающих элементов неблагоприятно сказывается на физико-механических свойствах изделий.

Обработка поверхностным пластическим деформированием (ППД), широко используемая для повышения износостойкости деталей из монолитных материалов, до настоящего времени ограничено использовалась для деталей из ПА. Одна из причин этого – недостаток информации о механизме и результатах формирования качества поверхности при ППД деталей из ПА.

Процесс пооперационного изменения параметров качества деталей является случайным. В связи с этим моделирование технологической наследственности с достаточной степенью точности может быть реализовано на основе экспериментальных данных. Моделирование технологической наследственности изучаемых геометрических параметров качества поверхности при ППД деталей из ПА проводили на основе применения корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализов по методикам, изложенным в работах [2].

В качестве объекта исследования влияния ППД на формирование параметров качества поверхности деталей из ПМ были приняты образцы типа втулок из материалов марок ПА-ЖГр2 и ПА-ЖГр1Д3. Данные материалы по свойствам являются характерными представителями в своих группах. Детали типа втулок из указанных марок материалов широко применяются в различных отраслях машиностроения [3]. В связи с этим исследования проводили на деталях данного типа. Размеры деталей следующие: наружный диаметр  $D = 25$  мм, внутренний диаметр  $d = 15$  мм и длина  $L = 22$  мм. Обработка ППД осуществлялась обкатыванием. В качестве деформирующего элемента был использован ролик.

Если рассеивание исследуемых параметров качества до (на входе) и после обработки (на выходе) описывается законом нормального распределения, то корреляционная связь между входом и выходом является линейной, и уравнение регрессии имеет вид [2]:

$$\bar{Y} = a + b\bar{X}, \quad (1)$$

где  $\bar{Y}$  и  $\bar{X}$  – математические ожидания исследуемого параметра качества на входе и выходе изучаемого процесса обработки соответственно;  $a$  – свободный член уравнения, определяющий часть величины исследуемого параметра, образующуюся при обработке;  $b$  – наследуемая часть значения исследуемого параметра.

При  $0 < b < 1$  имеет место частичный перенос значений параметра или частичное (неполное) изменение при данной обработке.

Величина  $(1 - b)$  показывает, какая часть значения параметра на входе изменяется при данной обработке, т. е. на выходе. Эта величина является коэффициентом изменения исследуемого параметра качества [2].

Для расчета коэффициентов уравнения (1) была использована методика [2]. Далее определяли коэффициенты корреляции. Проверку достоверности выборочного коэффициента корреляции выполняли на основе расчета  $t$ -критерия Стьюдента. Оценку адекватности уравнения регрессии производили по  $F$ -критерию Фишера. Модели технологической наследственности исследуемых параметров качества после обработки ППД могут быть с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  представлены полиномом первой степени.

Полученные результаты указывают на то, что при обкатывании деталей из пористых антифрикционных материалов имеет место технологическое наследование изучаемых параметров качества. Об этом свидетельствуют значения коэффициентов корреляции ( $r = 0,69 \dots 0,95$ ). Кроме этого, значения коэффициентов корреляции указывают на то, что в процессе обкатывания не происходит существенного перераспределения входных (до обработки) значений изучаемых параметров.

Использование дисперсионного анализа позволило дифференцировать выходное (после ППД) значение дисперсии ( $S_y^2$ ) исследуемых параметров качества на наследуемую с предшествующей обработки ( $A$ ) и полученную непосредственно при обкатывании ( $B$ ). Приведенные в табл. 2 результаты указывают на то, что суммарная дисперсия значений всех исследуемых показателей качества в большей степени определяется ППД.

Таблица 1

**Результаты регрессионного анализа  
технологического наследования исследуемых  
параметров качества деталей из ПА при обработке ППД**

Параметр	Коэффициенты уравнения регрессии		Коэффициент уменьшения параметра	Средняя относительная ошибка уравнения регрессии $\epsilon$ , %
	$a$	$b$	$(1 - b)$	
<b>ПА-ЖГр2</b>				
$D^\bullet$	5,613	0,764	0,236	3,7...20,4
$R_{max}$	4,550	0,978	0,022	4,8...18,7
$R_a$	0,231	0,220	0,780	4,1...18,6
$R_p$	0,143	0,017	0,983	5,3...17,2
$t_{50}$	9,920	0,967	0,033	3,3...14,6
<b>ПА-ЖГр1Д3</b>				
$D^\bullet$	9,850	0,737	0,263	2,4...16,7
$R_{max}$	3,092	0,302	0,698	2,4...18,9
$R_a$	0,002	0,668	0,332	7,3...21,5
$R_p$	1,810	0,266	0,743	3,8...18,9
$t_{50}$	29,77	0,900	0,100	2,7...18,3

**Результаты корреляционного и дисперсионного анализов  
технологической наследственности параметра качества деталей  
из ПА обработке ППД**

Параметр	Коэффициент корреляции $r$	Доля значения дисперсии параметра, %		Дисперсия параметра $S^2 \cdot 10^{-4}$		
		A	B	$S_x^2$	$S_{yx}^2$	$S_y^2$
<b>ПА-ЖГр2</b>						
$D^\bullet$	0,73...0,90	23...30	70...77	13,5	2,90	10,8
$R_{\max}$	0,83...0,95	10...39	61...90	238,59	0,61	5,61
$R_a$	0,69...0,81	38...45	55...62	0,163	0,076	0,176
$R_p$	0,79...0,88	22...36	64...78	61,132	0,302	1,182
$t_{50}$	0,79...0,86	24...33	67...76	381	143,09	500,35
<b>ПА-ЖГр1ДЗ</b>						
$D^\bullet$	0,80...0,92	13...17	83...87	17,4	1,86	11,3
$R_{\max}$	0,74...0,79	37...44	56...63	15,72	1,064	2,5
$R_a$	0,74...0,81	21...30	70...79	0,089	0,016	0,056
$R_p$	0,76...0,81	28...40	60...72	5,639	0,231	0,631
$t_{50}$	0,81...0,90	22...32	68...76	214,17	62,162	135,61

*Примечание. В табл. 1 и 2  $D^\bullet$  – диаметральный размер образцов.*

**Литература**

1. Федорченко, И. М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения / И. М. Федорченко [и др.] // Справочник. – Киев : Наукова думка, 1985. – 624 с.
2. Солонин, И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И. С. Солонин. – Москва : Машиностроение, 1972. – 215 с.
3. Горячева, Э. В. Спеченные материалы, их свойства и применение / Э. В. Горячева. – Москва : Металлургия, 1979. – 72 с.

**ВЛИЯНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ РЕЗЦОВ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРНОГО  
ИНСТРУМЕНТА НА КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА  
ПО КРИТЕРИЮ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ТЕЛА ФРЕЗЫ**

**П. В. Рудак, С. А. Гриневич**

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель А. А. Гришкевич

На деревообрабатывающих предприятиях нашей республики для криволинейного раскроя плитных материалов, обработки кромок, выборки пазов применяют концевой фрезерный инструмент (в основном зарубежных фирм).

Несмотря на постоянное совершенствование конструкций, концевые фрезы не всегда обладают желаемо длительным сроком эксплуатации, о чем свидетельствует производственный опыт (по данным ЗАО «Пинскдрев», ОАО «Минскпроектмебель»).