

УДК 621.833.1:539.531

А.И. МЕДВЕДЕВ, М.М. КАНЕ

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ РЕЖИМОВ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ**

Выполненные ранее исследования [1] показали, что между значениями микротвердости  $H_{\mu}$  поверхности зубьев при зубофрезеровании и шевинговании существует достаточно тесная корреляционная зависимость. При этом коэффициент корреляции  $r_{xy} = 0,54...0,61$ . Доля дисперсии микротвердости при шевинговании, унаследованная от предыдущей зубофрезерной операции, составляет 29...37 %, что указывает на достаточно широкие возможности воздействия на микротвердость поверхности зубьев после шевингования за счет изменения данного параметра на зубофрезерной операции.

Микрогеометрию поверхности, степень наклепа и глубину наклепанного слоя, а также значение и знак остаточных напряжений деталей, и в частности зубчатых колес, можно регулировать изменением режимов резания [2].

Было выполнено исследование влияния скорости резания  $v$  и подачи  $S$  на изменение микротвердости поверхности зубьев при зубофрезеровании. Материал деталей — сталь 45, сталь 25 ХГТ, сталь 20 ХНЗА, модуль зубчатых колес — 2...4 мм, количество зубьев — 38...65 шт. Рассматривались три партии зубчатых колес из каждого материала по 50 деталей.

Зубофрезерование заготовок осуществлялось на станке мод. 5Б312 при следующих режимах резания:  $v$  — 25,2, 31,4, 35, 40,4 м/мин;  $S_{\text{мин}}$  — 2,5, 5 и 10 мм/мин для каждой скорости резания.

Измерение микротвердости осуществлялось на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 1 Н в трех точках по длине зуба в зоне делительной окружности.

Для получения математической модели рассматриваемого процесса был использован ротатбельный план эксперимента, который применяется для адекватного математического описания таких областей факторного пространства, когда кривизна поверхности отклика велика и вследствие этого не может быть описана в виде полинома первой степени [3]. Матрица плана и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Получены следующие уравнения регрессии:  
для колес из стали 45

$$Y = 3208 - 50v - 40S - 0,2vS + 0,9v^2 + 5S^2;$$

для колес из стали 25 ХГТ и стали 20 ХНЗА

$$Y = 1995 - 4,4v + 25S + 0,11vS + 0,02v^2 - 1,3S^2 .$$

Т а б л и ц а 1

Система опытов	Номер опыта	$x_1$	$x_2$	Микротвердость (МПа) зубьев колес из стали			
				45		25 ХГТ, 20 ХНЗА	
				$y_j^3$	$y_j^p$	$y_j^3$	$y_j^p$
Полный факторный план	1	-1	-1	2502	2455	2044	2027
	2	+1	-1	2230	2365	1568	1601
	3	-1	+1	2795	2667	2345	2303
	4	+1	+1	2458	2472	1915	1946
Опыты в звездных точках	5	+1,41	0	2351	2289	2206	2155
	6	-1,41	0	2356	2487	1742	1706
	7	0	+1,41	2597	2697	1845	1883
	8	0	-1,41	2483	2465	1766	1749
Опыты в центре плана	9	0	0	2455	2021	2025	2007
	10	0	0	2523	2021	2073	2007
	11	0	0	2380	2021	1944	2007
	12	0	0	2257	2021	1903	2007
	13	0	0	2654	2021	2144	2007

П р и м е ч а н и е.  $y_j^3$  — экспериментальная микротвердость, полученная как среднее арифметическое по результатам пяти замеров, МПа;  $y_j^p$  — расчетная микротвердость, МПа;  $x_1, x_2$  — нормированные значения скорости резания и подачи.

Используя эти зависимости, можно с достаточной точностью управлять процессом зубофрезерования с целью обеспечения необходимого уровня микротвердости поверхности зубьев.

При увеличении подачи с 2,5 до 10 мм/мин микротвердость зубьев возрастает на 200...300 МПа. Это объясняется ростом усилий резания, сопровождающимся увеличением степени пластической деформации поверхностного слоя металла и повышением его твердости.

Большие значения микротвердости отмечены в зоне более низких скоростей резания. С увеличением скорости резания наблюдается некоторое снижение микротвердости, что объясняется ростом влияния температурного фактора на процесс резания и связанного с ним разупрочнением поверхностного слоя металла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М е д в е д е в А.И., К а н е М.М. Исследование микротвердости поверхности зубьев в процессе механической обработки цилиндрических зубчатых колес // Машиностроение. — Мн.: Выш. шк., 1984. — Вып. 9. — С. 113–114.
2. К о р а б л е в А.И., Р е ш е т о в Д.Н. Повышение несущей способности и долговечности зубчатых передач. — М.: Машиностроение, 1968. — 288 с.
3. Н а л и м о в В.В., Ч е р н о в а Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. — М.: Наука, 1965. — 340 с.