

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ЗУБЬЕВ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС

Если операции механической обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес достаточно хорошо изучены с точки зрения изменения точностных параметров зубчатого венца, то изменение основных физико-механических свойств поверхностного слоя зуба в процессе этой обработки исследовано еще недостаточно. А эти свойства оказывают большое влияние на такие эксплуатационные параметры зубчатой передачи, как ресурс работы, надежность, виброакустические характеристики и т. д.

Одним из таких свойств является твердость поверхностного слоя зуба, которая регламентируется техническими условиями на изготовление зубчатых колес.

Исследования выполнены для трех партий цилиндрических зубчатых колес по 50 деталей в партии на операциях зубофрезерования и шевингования зубьев. При выполнении измерений была обеспечена возможность сопоставления полученных результатов на указанных операциях.

Материал деталей – сталь 40Х, термообработка – нормализация и улучшение до твердости поверхностного слоя НВ 2690...3110 МПа.

В дальнейшем данные детали не подвергались термообработке. Таким образом, значение твердости на операции шевингования является окончательным, в значительной степени влияющим на качество детали.

Измерение микротвердости осуществлялось на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 1,0 Н в трех точках по длине зуба.

Микротвердость определялась по формуле

$$H_{1,0} = \frac{1854 \cdot 1000}{d_{cp}^2},$$

где $H_{1,0}$ – микротвердость при нагрузке 1,0 Н; d_{cp} – среднее значение диагонали отпечатка алмазной пирамиды, мкм.

По результатам экспериментальных данных были построены эмпирические линии регрессии для зависимости $y = f(x)$, где y и x – значения микротвердости на операциях шевингования и зубофрезерования.

По полученным результатам установлено, что зависимость по характеру близка к линейной и может быть описана уравнением

$$\bar{y} = a + b\bar{x}. \quad (1)$$

Затем с помощью специальной программы на ЭВМ были рассчитаны основные статистические характеристики исследуемых зависимостей.

Усредненные для трех партий деталей результаты расчетов представлены в табл. 1, в которой $H_{1фр}$, $H_{2фр}$, $H_{3фр}$, $H_{ср.фр}$ – значения микротвердости в точках 1, 2, 3 и среднее значение после зубофрезерования; $H_{1шев}$, $H_{2шев}$, $H_{3шев}$, $H_{ср.шев}$ – то же после шевингования; \bar{x} и \bar{y} – средняя арифметическая величина микротвердости соответственно после зубофрезерования и

Т а б л и ц а 1

Показатели	$H_{1\text{шев}} = f(H_{1\text{фр}})$	$H_{2\text{шев}} = f(H_{2\text{фр}})$	$H_{3\text{шев}} = f(H_{3\text{фр}})$	$H_{\text{ср.шев}} = f(H_{\text{ср.фр}})$
\bar{x} , МПа	2431,1	2479,3	2454,9	2463,1
\bar{y} , МПа	2011,0	2037,2	2043,7	2047,9
σ_x , МПа	369,3	385,4	329,5	336,3
σ_y , МПа	277,9	222,4	199,7	188,9
r_{xy}	0,36	0,36	0,35	0,34
$t_{r_{xy}}$	3,494	3,53	3,26	3,06
b	0,27	0,21	0,21	0,19
t_b	3,46	3,49	3,24	3,04
a , МПа	1354,6	1516,6	1528,2	1580,0
ϵ	9,87	8,41	7,07	7,02
F	0,975	0,973	0,988	0,998
A , %	81,97	82,0	85,9	84,9
B , %	18,03	18,0	14,1	15,1

шевингования; σ_x и σ_y – среднее квадратическое отклонение этой величины на указанных операциях; a и b – коэффициенты уравнения регрессии (1), при этом a характеризует часть среднего арифметического значения микротвердости на операции шевингования; b – часть среднего исходного значения микротвердости, которая переносится на ее конечное значение; r_{xy} – коэффициент корреляции; t_b , $t_{r_{xy}}$ – критерии Стьюдента достоверности значений b и r_{xy} ; F – критерий Фишера, служащий для оценки адекватности модели; ϵ – средняя относительная ошибка уравнения связи; A – часть дисперсии σ_y^2 значения микротвердости на операции шевингования; B – то же, перенесенная с предыдущей зубофрезерной операции.

Для случая $H_{\text{ср.шев}} = f(H_{\text{ср.фр}})$ зависимость (1) может быть записана в следующем виде:

$$\bar{y} = 1580,0 + 0,19\bar{x}.$$

В ы в о д ы. 1. Между значениями микротвердости поверхности зуба на операциях зубофрезерования и шевингования существует достоверная корреляционная зависимость ($r_{xy} = 0,34...0,36$, $t_{r_{xy}} = 3,06...3,53$), с достаточной степенью точности описываемая полиномом первой степени ($\epsilon = 7,02...9,87\%$, $F = 0,973...0,998$, $F < F_{\text{табл}}$, для данных условий $F_{\text{табл}} = 1,65$).

2. На размер дисперсии микротвердости после операции шевингования переносится определенная часть с предыдущей зубофрезерной обработки (14...18%), т. е. в изучаемом процессе проявляется эффект технологической наследственности.

3. На операции шевингования происходит некоторое снижение микротвердости по сравнению с предыдущей зубофрезерной обработкой. Это объясняется, на наш взгляд, тем, что зубофрезерование сопровождается значительными усилиями резания, большими по значению упругими и пластическими деформациями по сравнению с шевингованием, что приводит к образованию более твердого наклепанного слоя.

4. Полученные результаты свидетельствуют о возможности управления процессом изменения значений микротвердости поверхности зубьев цилиндрических зубчатых колес на операции шевингования путем выбора их рациональных значений на предыдущей операции.