

лей были подвергнуты термообработке по 113 вариантам, твердость НВ исследуемых образцов находилась в пределах 93 ... 343 единиц. За показатель обрабатываемости была принята скорость резания  $V_{60}$ , полученная методом торцового точения резами из стали Р18 [1]. Скорость резания  $v_{60}$  находилась в пределах 16,4...175,6 м/мин.

Для получения зависимости между скоростью резания  $V_{60}$  и твердостью НВ экспериментальные данные были обработаны по методу наименьших квадратов. Для каждой стали в отдельности и для всех вместе установлены зависимости между  $V_{60}$  и НВ. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таким образом, твердость НВ углеродистых сталей может использоваться для приближенного определения скорости резания  $V_{60}$ . Показатель степени при НВ имеет тенденцию к снижению по мере уменьшения в стали содержания углерода. Влияние твердости НВ на величину  $V_{60}$  проявляется в обобщенной для всех марок исследуемых сталей зависимости более резко, чем отдельно для одной марки стали.

#### Л и т е р а т у р а

1. Фельдштейн Э.И. Обрабатываемость сталей. М., 1953.

УДК 621.9:621.834.001.57

П.И. Ящерицын, акад. АН БССР,  
А.Ф. Горбацевич, канд. техн. наук,  
Чан Ван Дик

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ И ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВО ВРЕМЕНИ

В процессе обработки деталей наблюдается прогрессирующий износ режущих инструментов в результате трения его контактных поверхностей о стружку и обрабатываемую поверхность. Поскольку износ режущего инструмента может только накапливаться, то вполне понятно, что отклонение размера обработки представляет собой неубывающие изменения. Однако это относится к линейным размерам, погрешности которых подчиняются нормальному закону распределения, а погрешности, подчиняющиеся закону эксцентриситета, носят лишь случайный характер [2].

Весьма важное значение имеет и оценка шероховатости поверхности зубчатых колес, так как она влияет не только на износостойкость, но и контактную жесткость деталей. Шероховатость поверхности определяется большим количеством факторов, обусловленных условиями ее обработки. В частности, высота и форма неровностей, а также характер расположения и направления рисок зависят от принятого метода и режима обработки, от условий охлаждения и смазки инструмента, от химического состава и микроструктуры обрабатываемого материала, от конструкции режущего инструмента, от типа и состояния используемого оборудования, вспомогательного инструмента и приспособления и т.д.

Несмотря на то, что преобладание одного из этих факторов и определяет характер шероховатости поверхности деталей согласно существующим теориям, условия формирования шероховатости непрерывно изменяются во времени. Причина этого в затуплении режущих инструментов во время работы.

Высказанные соображения проверены экспериментально. В качестве объекта исследования использовались зубчатые колеса (восемь наименований), прошедшие различные операции (черновое и чистовое точение наружного контура, шлифование шлиц, шейки и торца). Точность на токарных операциях оценивалась по следующим показателям: отклонение размера ( $h$ )

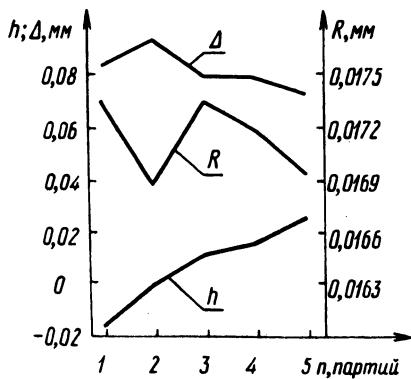


Рис. 1. Погрешности при обработке наружного контура зубчатых колес на токарных станках:  $h$ ,  $r$ ,  $\Delta$  — соответственно центры группирования отклонения размера, формы наружного диаметра и биения базового торца.

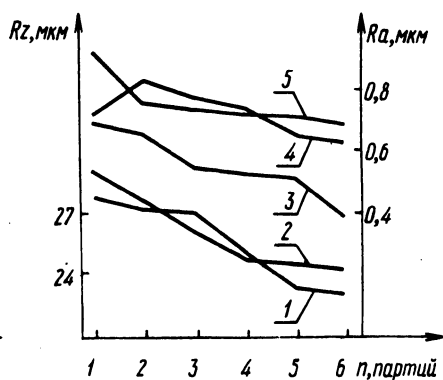


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхностей зубчатых колес от времени работы станка: 1 — подрезание торца; 2 — обтачивание наружного диаметра; 3 — шлифование шейки; 4 — шлифование шлицы; 5 — шлифование торца.

и формы ( $R$ ) наружного диаметра, биение базового торца ( $\Delta$ ). Они измерялись с помощью микрометра и часового индикатора. Шероховатость детали после токарной операции оценивалась значением  $R_z$  и измерялась на микроскопе МИС-11, а шероховатость детали после шлифования оценивалась  $R_a$  и измерялась на профилометре мод. 253. На токарных операциях измерение погрешности и шероховатости проводилось с начального момента работы резцов до их полного затупления (6-8 ч), а на шлифовальных операциях -- за период стойкости шлифовального круга. Измеренные детали разделялись на равные по количеству партии и принимались средние значения измеренных параметров. Полученные результаты показаны на рис. 1,2. Как видно, погрешность наружного диаметра и шероховатость закономерно изменяются во времени. В то же время погрешность формы наружного диаметра, биение базового торца носят случайный характер.

Следующий этап обработки экспериментальных данных заключается в нахождении математического описания (модели) изменения погрешности и шероховатости зубчатых колес в зависимости от времени работы станка или от числа обработанных деталей. Для этого был использован метод корреляционного анализа.

Корреляционную связь между изучаемыми параметрами и числом обрабатываемых деталей предлагаем прямолинейной. Тогда уравнение регрессии имеет вид  $y = a + bN$ , где  $y$  -- среднее значение величины погрешности или шероховатости;  $a$  -- погрешность или шероховатость, которая создается за счет особенностей проведения технологических операций;  $b$  -- коэффициент пропорциональности;  $N$  -- число обрабатываемых деталей.

Т а б л. 1. Уравнения регрессии некоторых параметров

Параметры	Уравнение связи
Погрешность наружного диаметра	$h = 4,77 \cdot 10^{-3} N + 0,0204$
Шероховатость наружного диаметра	$R_z = 28,36 - 0,0527 \cdot N$
Шероховатость торца при точении	$R_z = 27,8 - 0,0335 \cdot N$
Шероховатость шлицы при шлифовании	$R_a = 0,802 - 6,13 \cdot 10^{-3} \cdot N$
Шероховатость шейк и при шлифовании	$R_a = 0,697 - 8,75 \cdot 10^{-3} \cdot N$
Шероховатость торца при шлифовании	$R_a = 0,866 - 2,38 \cdot 10^{-3} \cdot N$

Критериями наличия и связи между  $u$  и  $N$  служат коэффициент корреляции  $r$  и корреляционное отношение  $\eta$ , которые определяются по методике [1]. Полученные уравнения регрессии представлены в табл. 1.

### Л и т е р а т у р а

1. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М., 1972. 2. Ящерицын П.И., Горбацевич А.Ф., Чан Ван Дик. Динамика изменения погрешностей, подчиняющихся закону эксцентриситета, и моделирование технологических операций обработки зубчатых колес. — В сб.: Машиностроение и приборостроение. Вып. 9. Минск, 1977.

УДК 621.941.23

И.А. Каштальян, А.И. Кочергин,  
В.Б. Зайцев

### ПОДДЕРЖАНИЕ ЗАДАННОГО ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ ПОДАЧИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

На станках с ЧПУ ряд переходов выполняется с нестационарными (переменными) значениями параметров процесса резания. При определении оптимальных режимов обработки необходимо устанавливать зависимость выходных параметров процесса (интенсивности вибраций, силы резания, стойкости инструмента и т.д.) от входных (подачи, скорости резания и т.д.). В свою очередь эта зависимость может быть реализована регулированием входных параметров. Процесс регулирования будет оптимальным, если входной параметр, по которому осуществляется управление обработкой, будет иметь заданную величину или изменяться по заданному закону.

Когда условия резания в течение перехода (прохода) колеблются в широких пределах, целесообразна обработка с переменной подачей. Процессы резания с переменной подачей нашли применение в станках с адаптивным управлением для повышения производительности и точности обработки [2].

Черновая и чистовая обработка на токарных станках с ЧПУ, как правило, ведется с одной установки. Поэтому при проектировании адаптивных систем необходимо одновременно решать вопросы повышения как производительности обработки на черновых проходах, так и точности чистовой обработки. В результате адаптивные системы получаются неоправданно сложными и дорогостоящими. Большинство станков с ЧПУ, эксплуа-