

Методы получения топограмм сравнительно легко автоматизируются. О погрешностях формы можно судить по искривлению интерференциальных линий и расстоянию между ними. Определив степень искривления в области значений погрешности формы и шероховатости (чистоты оптических деталей), можно получать количественные оценки точности и шероховатости (применяя фильтры и счетно-решающие устройства). В качестве счетно-решающих устройств целесообразно использовать управляющие ЭВМ автоматической системы механической обработки либо автономные микрокомпьютеры.

На основании изложенного можно сделать выводы, что автоматизация контроля прецизионных деталей решается путем применения голографических методов, обладающих высокой точностью и надежностью измерения и быстродействием. При этом наряду с количественной оценкой погрешностей достигается наглядность представления полученных результатов измерения.

УДК 621.91

В.И.ХОДЫРЕВ, канд. техн. наук,  
В.А.МОЛОЧКОВ (ММИ)

### ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВИНТОВЫМ РОТАЦИОННЫМ РЕЗЦОМ

Настоящие исследования, проведенные на основе имитационного моделирования процесса формообразования при обработке винтовыми ротационными резцами (ВРР), показывают, что в зависимости от соотношения  $K_n$  частот вращения резца и детали наибольшие отклонения профиля обработанной поверхности могут относиться к шероховатости, волнистости или погрешностям формы. Для условий рис. 1 при  $K_n = 1,08...1,32$  образуется шероховатость, при  $K_n = 1,0$  — погрешности формы, а в остальных случаях — волнистость. Вид отклонений определялся по отношению среднего шага неровностей  $S_m$  к их высоте  $R_{max}$ . Очевидно, что если соотношение  $K_n$  выражается целым числом, то профиль поверхности в осевом сечении идентичен по форме и шагу к поверхности, обработанной ротационным резцом с круговой кромкой. Однако при этом появляются погрешности в виде отклонений от соосности обработанной поверхности, овальности или огранки с числом граней, равным произведению соотношения  $K_n$  на число заходов режущей кромки  $i$  (рис. 2). Огранка образуется и при некоторых других значениях  $K_n$ , но ее размер при этом незначителен.

В табл. 1 приведены значения суммарных отклонений формы и расположения поверхности при обработке двухзаходным ВРР (диаметр детали 65 мм, диаметр резца 40 мм, шаг режущей кромки 6 мм, угол наклона оси резца  $25^\circ$ ).

Причиной появления тех или иных погрешностей в процессе формообразования при обработке ВРР является смещение формообразующих участков режущих кромок от плоскости подачи, которое приводит к увеличению расстояния между вершиной режущей кромки и осью вращения детали. Степень

но действие этого явления на погрешности определяется относительным положением формообразующих участков на смежных оборотах детали, которое главным образом зависит от соотношения  $K_n$ . Степень непосредственного влияния прочих факторов значительно меньше. Косвенное воздействие факторов на процесс формообразования определяется их влиянием на соотношение  $K_n$ .

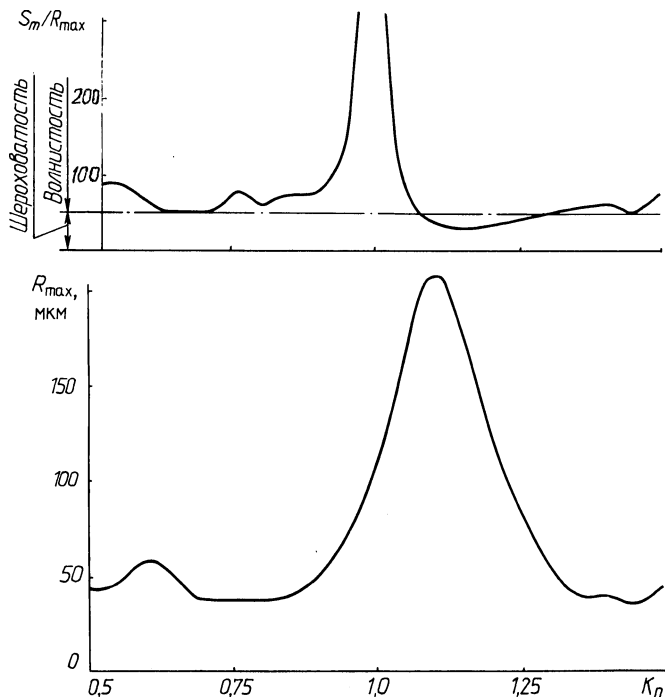


Рис. 1. Наибольшие отклонения профиля поверхности, обработанной однозаходным ВРР (шаг режущей кромки — 6 мм, направление — правое, диаметр режущей части — 40 мм, угол наклона оси реза —  $25^\circ$ , диаметр детали — 65 мм, подача — 0,78 мм/об)

Результаты имитационного моделирования процесса формообразования показывают, что оптимальным, с этой точки зрения, условиям соответствуют вполне определенные области соотношений  $K_n$ . С изменением конкретных условий может измениться в некоторых пределах как величина этих областей, так и размер соответствующих им погрешностей формообразования, но положение областей оптимума остается при этом неизменным. Наиболее целесообразным представляется оптимизация процесса по критерию минимума суммарных погрешностей формообразования. По этому критерию соотношения  $K_n$ , близкие к целым числам, не могут быть признаны оптимальными. Например, для условий рис. 1 областям оптимума соответствуют соотношения  $K_n = 0,7...0,85$  и  $K_n = 1,35...1,45$ . Если же допустимо отклонение от соосности, то оптимальными являются соотношения  $K_n = 1,0$  или  $K_n = 0,5$ , соответству-

ющие минимуму наибольшей высоты неровностей профиля в осевом сечении. В зависимости от конкретных требований и технологических условий критерий оптимальности может изменяться.

Величина расчетных погрешностей формообразования может быть значительно уменьшена не только посредством оптимального выбора условий обработки. Действие явления смещения формообразующих витков на появление погрешностей может быть нейтрализовано соответствующим уменьшени-

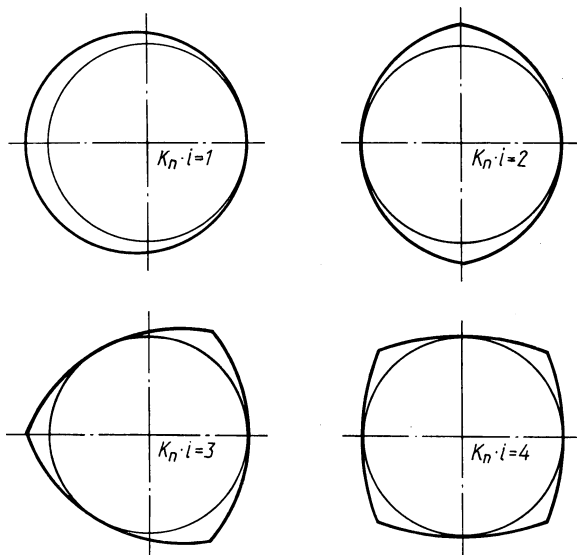


Рис. 2. Круглограммы деталей, обработанных ВРР

Т а б л и ц а 1

Соотношение $K_n$	Радиальное биение, мм		Вид отклонений от круглости	Число граней
	правый ВРР	левый ВРР		
0,5	0,106	0,098	—	—
0,6	0,004	0,004	огранка	6
0,625	0,007	0,006	"	5
0,7	0,004	0,004	"	7
0,75	0,027	0,025	"	3
0,8	0,003	0,003	"	16
0,875	0,007	0,006	"	7
0,9	0,004	0,004	"	9
1,0	0,106	0,098	овальность	—
1,1	0,004	0,004	огранка	11
1,125	0,007	0,006	огранка	9
1,2	0,004	0,004	"	12
1,25	0,027	0,025	"	5
1,3	0,004	0,004	"	11
1,375	0,007	0,006	"	11
1,4	0,004	0,004	"	14

ем расстояния между осями детали и резца. С этой целью инструменту сообщают дополнительное возвратно-поступательное перемещение в радиальном направлении, кинематически связанное с вращением его режущей части, так что колебательное перемещение инструмента и периодическое изменение расстояния его режущей кромки от оси вращения детали имеют одинаковую частоту и амплитуду, но находятся в противоположных фазах.

Для резца с однозаходней режущей кромкой указанный технологический прием реализован путем размещения между осью режущей части и подшипниками двух эксцентриковых втулок, вставленных одна в другую. Величина необходимого эксцентриситета устанавливается путем разворота втулок относительно друг друга. Регулировка сдвига фаз колебательного движения режущей части и периодического изменения расстояния от оси детали до формирующей режущей кромки осуществляется путем поворота блока втулок относительно режущей части. Эксцентриситет зависит от возможной величины погрешностей формообразования, которая определяется моделированием. Приблизительно эксцентриситет  $e$  может быть вычислен по формуле

$$2e = R + \frac{(h \cos \epsilon)^2}{4R} - \sqrt{R^2 + \left(\frac{h \cos \epsilon}{2}\right)^2},$$

где  $h$  — шаг режущей кромки;  $\epsilon$  — угол наклона оси резца;  $R$  — радиус обработанной поверхности.

С другой стороны, особенность формообразования при обработке ВРР, состоящая в том, что при некоторых условиях образуются отклонения от круглости в виде овальности или огранки, может быть использована при обработке некруглых в поперечном сечении тел с прямолинейными и винтовыми образующими. Для получения многогранной поверхности с прямолинейными образующими необходимо принять  $K_n = k/i$ , где  $k$  — целое число, равное числу граней. Для некруглой поверхности с винтовыми образующими необходимо, чтобы за один оборот детали режущая кромка несколько не доходила до исходного положения или проходила его. В этом случае соотношение  $K_n$  определяется из выражения

$$K_n = \left(1 \pm \frac{s \operatorname{tg} \omega}{2\pi R}\right) \frac{k}{i},$$

где  $s$  — подача на оборот;  $\omega$  — угол винтовых образующих, правое или левое направление которых соответствует его положительному или отрицательному значению.

В этой формуле знак “+” соответствует резцу с правыми режущими кромками, “-” — с левыми.

Шаг винтовой режущей кромки определяется высотой профиля детали  $\Delta$

$$h = \frac{2\sqrt{(\Delta + R)^2 - R^2}}{\cos \epsilon}.$$