

$$\left. \begin{aligned} x &= X \cos \varphi - Y \sin \varphi; \\ y &= X \sin \varphi + Y \cos \varphi; \\ z &= Z + f(\varphi). \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Решая совместно уравнения (12) и (13), получим:

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(t) \cos \varphi - f_2(t) \sin \varphi; \\ y &= f_1(t) \sin \varphi + f_2(t) \cos \varphi; \\ z &= f(\varphi) + f_3(t). \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Используя формулу (1), перепишем уравнения (14) в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(t) \cos \varphi - f_2(t) \sin \varphi; \\ y &= f_1(t) \sin \varphi + f_2(t) \cos \varphi; \\ z &= r_i (\operatorname{tg} \alpha_0 \varphi + m \varphi^k) + f_3(t), \end{aligned} \right\}$$

где  $r_i = \sqrt{f_1^2(t) + f_2^2(t)}$ .

В векторной форме относительно репера  $(\bar{e}; \bar{g}; \bar{k})$  уравнения (14) примут вид

$$\bar{r} = f_1(t) \bar{e}(\varphi) + f_2(t) \bar{g}(\varphi) + \bar{k} [f(\varphi) + f_3(t)]$$

или при использовании уравнения (1)

$$\bar{r} = f_1(t) \bar{e}(\varphi) + f_2(t) \bar{g}(\varphi) + \bar{k} [r_i (\operatorname{tg} \alpha_0 \varphi + m \varphi^k) + f_3(t)].$$

Предлагаемая методика расчета винтовых поверхностей переменного шага позволяет проводить проектные расчеты режущего инструмента различного назначения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов. — М., 1968. — 370 с.
2. Дружинский И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое обеспечение. — Л., 1985. — 263 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М., 1977. — 831 с.

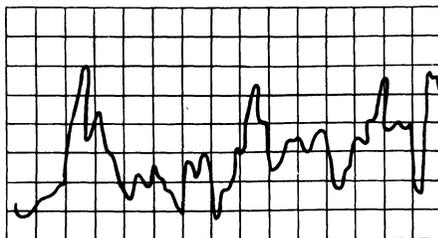
УДК 621.924.8

А.Л. АБУГОВ,  
И.Л. БАРШАЙ, канд. техн. наук (БПИ)

#### КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИИ

При обработке поверхностей цилиндрических деталей из стали Ст10 (диаметр детали 22 мм) применялась цилиндрическая иглофреза с на-

Рис. 1. Профилограмма поверхности после иглофрезерования (увеличение вертикальное 20 000, горизонтальное 200)



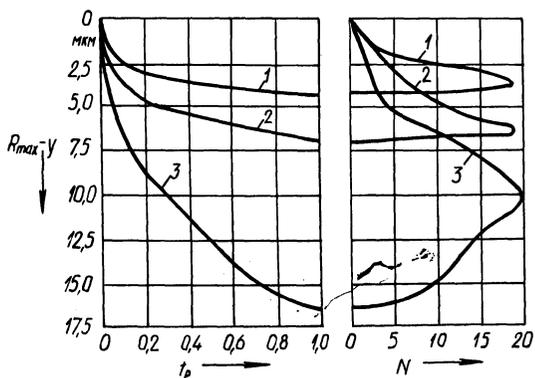
ружным диаметром 150 мм, шириной рабочей поверхности 22 мм, вылетом и диаметром игл соответственно 14 и 0,32 мм. Иглофрезерование осуществлялось на универсально-фрезерном станке мод. 6Н82. Деталь устанавливалась в центрах специальной бабки и делительной головки, закрепленных на столе станка; а иглофреза — на выходном валу специального устройства, расположенного на направляющей хобота станка [1]. Делительная головка через гитару сменных зубчатых колес была связана с ходовым винтом стола, специальное устройство — со шпинделем станка. Конструкция устройства позволяла упруго установить иглофрезу с прижатием ее к обрабатываемой поверхности с помощью пружины.

Иглофрезерование проводилось с применением смазочно-охлаждающей жидкости — эмульсии. Параметры режима обработки изменялись в следующих пределах: скорость резания  $v = 60...240$  м/мин, продольная подача  $S_{пр} = 2,5...10$  мм/об, круговая подача  $S_{кр} = 1,38...4,46$  м/мин, усилие прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности  $P = 150...250$  Н. Жесткость пружины составляла 20 Н/мм.

В указанном диапазоне изменений параметров режима иглофрезерования характеристики шероховатости и волнистости поверхности составляли: среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra = 0,26...2,58$  мкм, высота неровностей профиля по десяти точкам  $Rz = 1,66...12,4$  мкм, наибольшая высота профиля  $R_{max} = 4,34...20,2$  мкм, высота сглаживания (расстояние от линии выступов до средней линии)  $R_p = 2,23...13,7$  мкм, средний шаг неровностей  $Sm = 170...556$  мкм, средний шаг местных выступов профиля  $S = 91...455$  мкм, средний радиус неровностей профиля  $\rho = 91...126$  мкм, средний

Рис. 2. Зависимость относительной опорной длины профиля  $tr$  и количества полных выступов  $N$  от уровня сечений профиля  $(R_{max} - y)$ :

1 —  $P = 130$  Н; 2 —  $P = 200$  Н;  
3 —  $P = 270$  Н ( $v = 150$  м/мин,  
 $S_{пр} = 6,25$  мм/об,  $S_{кр} =$   
 $= 2,92$  м/мин)



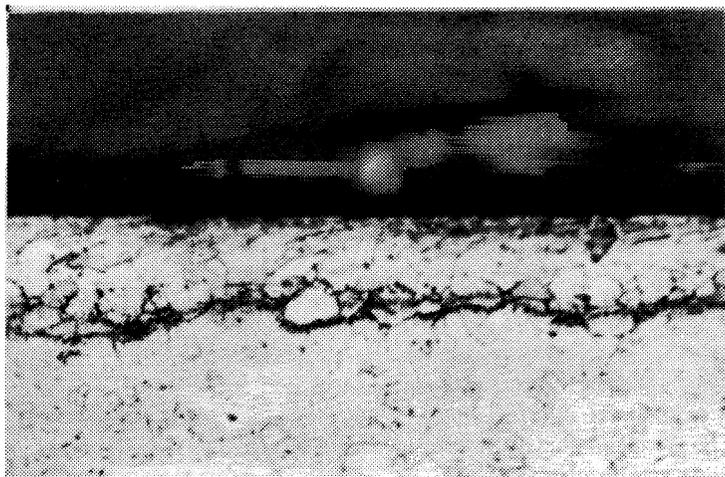


Рис. 3. Микроструктура поверхностного слоя в результате иглофрезерования

угол боковой стороны профиля  $\theta = 2,42...11,3^\circ$ , продольная волнистость  $W_{пр} = 0,36...3$  мкм, поперечная волнистость  $W_{поп} = 33...48$  мкм.

На рис. 1 приведена характерная профилограмма поверхности после иглофрезерования ( $Ra = 0,35$  мкм). Отношение истинной (развернутой) и номинальной длин профиля составляет  $1,0018...1,013$ .

Параметры относительной опорной длины профиля [2]:  $\nu = 2,03...7,91$ ,  $b = 2,66...16,2$ . На рис. 2 представлены зависимости относительной опорной длины профиля и количества полных выступов от уровня сечений профиля при различных условиях прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности. Параметры относительной опорной длины профиля выражаются через

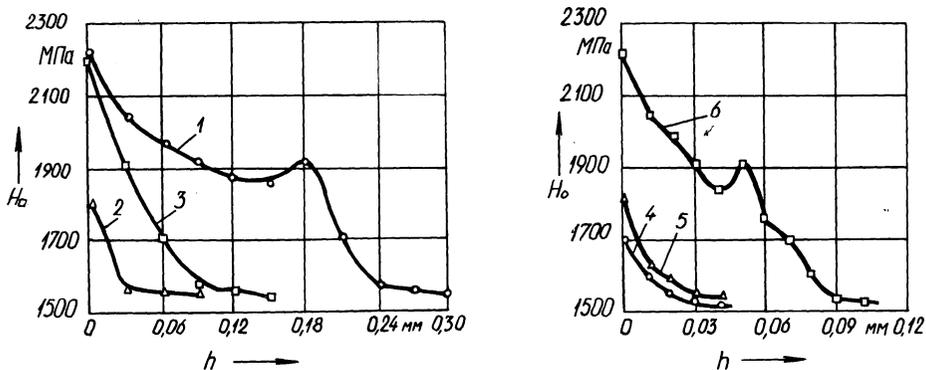


Рис. 4. Распределение микротвердости в поверхностном слое:

1 -  $\nu = 25$  м/мин; 2 -  $\nu = 150$  м/мин; 3 -  $\nu = 270$  м/мин ( $S_{пр} = 6,25$  мм/об,  $S_{кр} = 2,92$  м/мин,  $P = 200$  Н); 4 -  $P = 130$  Н; 5 -  $P = 200$  Н; 6 -  $P = 270$  Н ( $\nu = 150$  м/мин,  $S_{пр} = 6,25$  мм/об,  $S_{кр} = 2,92$  м/мин)

высотные параметры шероховатости, поэтому зависимости относительной опорной длины профиля от параметров режима обработки определяются изменениями высотных параметров шероховатости [2].

Иглофрезерование характеризуется ударным взаимодействием податливых игл с поверхностью детали и последующим микрорезанием, сопровождающимся пластическим отгеснением прилегающих объемов металла. В результате формируется поверхностный слой с повышенной микротвердостью (рис. 3). В отмеченном диапазоне изменения параметров режима обработки микротвердость поверхности детали достигает  $H_{\square} = 1600...2560$  МПа (исходная  $H_{\square} = 1500...1550$  МПа) при глубине упрочненного слоя  $h = 0,01...0,24$  мм. На рис. 4 представлено распределение микротвердости по глубине поверхностного слоя в зависимости от скорости резания и усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности. Наибольшего значения микротвердость достигает на поверхности детали.

Таким образом, отмечены широкие пределы изменения характеристик качества поверхностей деталей при иглофрезеровании. Это обуславливает возможность технологического управления ими и формирования поверхностного слоя с заданными геометрическими и физико-механическими характеристиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А б у г о в А.Л. Иглофрезерная обработка цилиндрических деталей // Машиностроитель. — 1987. — № 6. — С. 21—22.
2. Ры ж о в Э.В., Су с л о в А.Г., Ф е д о р о в В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. — М., 1979. — 176 с.