

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКЕ

Существующее представление многих авторов о микропрофиле, который получается при ротационной вытяжке с утонением шариковыми матрицами планетарного типа, как о следе рабочего движения инструмента является далеко не точным вследствие искажений, вызываемых пластическим течением металла в месте контакта инструмента с деталью. Пластическое течение происходит как в направлении подачи с образованием волны, которая перемещается вместе с инструментом, так и в направлении, противоположном подаче, вызывая при этом искажение ранее образованного соседнего микрорельефа. При этом образуется вторичный микропрофиль, который и характеризует обработанную поверхность [1].

Необходимо отметить, что указанное пластическое течение происходит в области, которая захватывает несколько соседних микронеровностей. Пластическое течение вызывает повторное искажение этих неровностей.

Для расчета высоты микронеровностей поверхности, получаемой после ротационной вытяжки с утонением шариковыми матрицами планетарного типа, рекомендуются выражения

$$R_z = R_{ш} - \sqrt{R_{ш}^2 - \frac{s_1^2}{4}} \quad \text{или} \quad R_z = \frac{s_1^2}{8R_{ш}}, \quad (1)$$

где $R_{ш}$ – радиус деформирующих шаров; $s_1 = f/m$ – подача одного шара на оборот оправки. Здесь f – подача шариковой матрицы на оборот оправки; m – число деформирующих шаров в матрице.

Формулы (1) дают заниженное значение высоты микронеровностей получаемой поверхности. Это объясняется тем, что они не учитывают многих технологических параметров процесса, свойств материала и т.д.

Для учета указанных параметров была предложена [2] следующая формула:

$$R_z = \frac{s_1^2}{8R_{ш} n^2} K_e K_v K_y, \quad (2)$$

где n – коэффициент утонения при ротационной вытяжке, равный отношению исходной и конечной толщин стенки детали; K_e – коэффициент, зависящий от пластических свойств металла и учитывающий изменение механических свойств от суммарной степени деформации, $K_e = 2,0 \dots 2,8$; K_v – коэффициент, учитывающий отношение скорости ротационной вытяжки к скорости подачи заготовки, $K_v = 1,5 \dots 2,0$; K_y – коэффициент, учитывающий технологические условия процесса, $K_y = K_1 K_2 K_3 K_4$, где K_1 – коэффициент, зависящий от исходной поверхности заготовки, $K_1 = 1 \dots 1,5$; K_2 – коэффициент, зависящий от анизотропии механических свойств металла, $K_2 = 1 \dots 1,4$; K_3 – коэффициент,

зависящий от разброса размеров шаров, соосности оправки, смазки, $K_3 = 1 \dots 1,5$; K_4 — коэффициент, зависящий от суммарного зазора между шарами и от возможности их проскальзывания, $K_4 = 1 \dots 1,4$.

Данная формула не учитывает упругой деформации, которая значительно влияет на шероховатость поверхности, особенно при ротационной вытяжке тонкостенных оболочек.

Как известно [3], линия, получившаяся от соприкосновения деформирующего шара и обрабатываемого материала с учетом упругой деформации, является параболой. Ее каноническое уравнение имеет вид $y^2 = px$, где p — радиус кривизны в вершине параболы.

В нашем случае $p = R_{\text{ш}} + e_1 + e_2$, где e_1, e_2 — упругая деформация шара и материала заготовки соответственно.

Согласно [4], упругая деформация при вдавливании сфер с разным диаметром составляет

$$e_1 + e_2 = 0,8255 \sqrt[3]{\frac{(\eta P)^2}{R_{\text{ш}}}}$$

где P — усилие деформирования; η — упругая постоянная соприкасающихся тел

$$\eta = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}$$

где μ_1, μ_2 — коэффициент Пуассона для материала деформирующего шара и трубки-заготовки соответственно; E_1, E_2 — модуль упругости для материала шара и заготовки соответственно.

Подставляя значения в формулу (2), получим выражение

$$R_z = \frac{f^2}{8 n^2 m^2 (R_{\text{ш}} + 0,8255 \sqrt[3]{\frac{(\eta P)^2}{R_{\text{ш}}}})} K_e K_v K_y \quad (3)$$

Для анализа полученного выражения проводились исследования по ротационной вытяжке с утонением трубок-заготовок из стали Ст.3 и латуни Л63. Деформацию исходных трубок-заготовок с начальной толщиной стенки 0,8 мм вели до толщины 0,57 мм ($\epsilon = 28,75\%$). Партии трубок (по 25 штук) деформировались шариковой матрицей, установленной на суппорте токарно-винторезного станка вместо резцедержателя. Для регистрации усилия деформирования на элементы матрицы, воспринимающие нагрузку, наклеивались проводочные тензорезисторы типа 2ФКТК5-100 С. Сигналы от них усиливались в усилителе УТ4-1 и фиксировались на ленте самопишущего быстродействующего прибора Н320-5. Шероховатость поверхности полученных трубок измерялась на профилографе-профилометре типа А1 модели 252.

Приводим экспериментальные кривые зависимости шероховатости полученных трубок (параметр R_a) от подач для стали Ст. 3 (рис. 1, а) и латуни Л63 (рис. 1, б). Данные зависимости сравнивались с теоретическими графиками, построенными по выражениям (1), (2) и (3). Из рис. 1 видно, что полу-

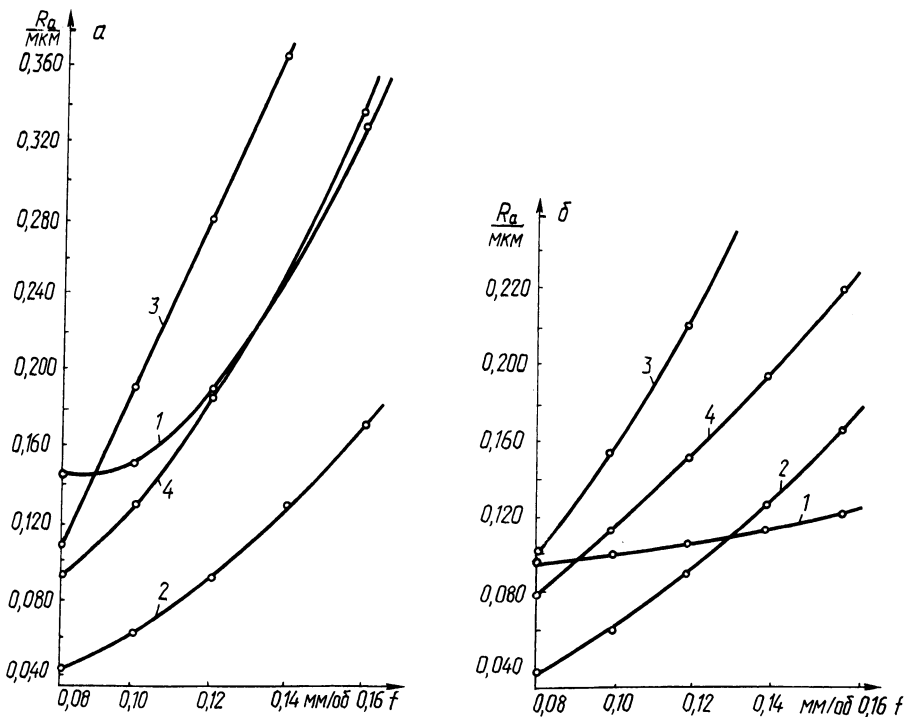


Рис. 1. Зависимость шероховатости (R_a) поверхности от величины подач f для стали Ст3 (а) и латуни Л63 (б):
 $\epsilon = 28,75\%$; $R_{\text{ш}} = 8 \text{ мм}$; $m = 7$; $D_{\text{заг}} = 16,9 \text{ мм}$; 1 — экспериментальные значения; 2—4 — соответственно расчетные значения по формулам (1); (2); (3)

ченное авторами выражение (3) наиболее верно отражает действительные значения параметров шероховатости при ротационной вытяжке сталей. В случае деформирования более пластичных материалов (рис. 1,б) полученная зависимость хорошо совпадает с практическими исследованиями лишь при небольших подачах заготовки. Это объясняется интенсивным пластическим течением металла при ротационной вытяжке с высокими значениями подач заготовки на один оборот оправки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным деформированием. — М.: Машиностроение, 1978. — 152 с.
2. Королев В.Н. Листовая штамповка молибдена и его сплавов в приборостроении. — М.: Машиностроение, 1977. — 150 с.
3. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. — М.: Наука, 1980. — 304 с.
4. Расчеты на прочность в машиностроении/С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др. — М.: Машгиз, 1958, т. 2. — 974 с.