

глубина резания в выбранном интервале варьирования не оказывают значимого влияния на шероховатость поверхности и поэтому из регрессивных уравнений исключены.

В результате проведенных экспериментов установлено, что при использовании комбинированного ротационного инструмента для совмещенной чистовой и отделочной обработки нежестких крупногабаритных деталей типа "барабаны" заданные технические требования по качеству рабочей поверхности обеспечиваются без последующего шлифования и полирования.

Как показывают экономические расчеты, внедрение нового ротационного способа обработки позволяет повысить производительность труда в 4,2 раза, а технологическую себестоимость операции снизить почти в 7 раз.

УДК 621.787.4.001.24

Н.И. Янков, канд.техн.наук,
Б.И. Александров, канд.техн.наук
И.И. Янков

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ИНДЕНТОРАМИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ

Упрочнение деталей машин поверхностным пластическим деформированием (ППД) шариками или роликами широко применяется для улучшения эксплуатационных характеристик деталей, повышения их износостойкости и, в первую очередь, усталостной прочности. Закономерности процесса упрочнения деталей машин ППД недостаточно раскрыты, а рабочие параметры обкатки определяются по эмпирическим формулам или путем эксперимента.

В этой связи теоретический и практический интерес представляет изучение закономерностей изменения давления в зоне пластического контакта инструмента с деталью.

Известны методы расчета параметров процесса упрочнения пластическим деформированием деталей машин шариками различных диаметров. Чтобы использовать эти методы расчета для инденторов произвольной кривизны, необходимо последние заменить шариками приведенных диаметров, которые при одних и тех же нагрузках вдавливания давали бы одинаковую степень пластической деформации.

Приведенный диаметр индентора произвольной кривизны при пластическом вдавливании в плоский образец можно определить по двум методам. По первому учитывается, что среднее давление в зоне пластического контакта ролика с плоскостью равно среднему давлению шарика диаметром $D_{пр}$ с плоскостью при одной и той же площади пластического контакта. Для этого воспользуемся известной эмпирической формулой, согласно которой при вдавливании шара в плоскость выполняется зависимость

$$P = ad^n, \text{ а } a_0 = aD^{n-2}, \quad (1)$$

где P - нагрузка, кгс; d - диаметр отпечатка, мм; D - диаметр шарика, мм; a - среднее давление, уменьшенное на $4/\pi$ при диаметре отпечатка, равном 1 мм; a_0 - среднее давление, уменьшенное на $4/\pi$ при диаметре отпечатка, равном 1 мм, при полном наклепе металла; n - безразмерный показатель, зависящий от пластичности металла и не зависящий от диаметра шарика. Эта формула правомерна и при вдавливании цилиндрического ролика в плоские образцы.

Представим модель вдавливания цилиндрического ролика диаметром D_p и профильным диаметром $d_{проф}$ как вдавливание двух шаров диаметром D_1 и диаметром d_2 в плоские образцы при одной и той же нагрузке. Определив для стали n и a_0 , находим a для диаметра шара D_1 и для диаметра d_2 при $n = 2,25$ по формуле (1). Предполагаем, что среднее значение $a_{ср}$ будет истинным значением для данного цилиндрического ролика. В соответствии с формулой (1) найдем приведенный диаметр шарика

$$D_{пр} = \left(\frac{a_0}{a_{ср}} \right)^4. \quad (2)$$

По второму методу приведенный диаметр при вдавливании того же ролика в плоский образец определяется на основании теории упругости.

Приведенный диаметр $D_{пр}$ находим из условия равенства максимальных давлений в центре упругого контакта ролика и шара с плоскостью при одной и той же площади контакта. Известно, что формула для определения приведенного диаметра имеет вид

$$D_{\text{пр}} = \frac{4}{\sum K \sqrt{n_p^3}}, \quad (3)$$

где $\sum K$ - сумма главных кривизн, соприкасающихся тел;

$$\sum K = \frac{2}{D_p} + \frac{2}{d_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

n_p - коэффициент, зависящий от соотношения главных кривизн.

Значение n_p находится в зависимости от аргумента Ω

$$\Omega = \frac{1}{\sum K} \sqrt{\left(\frac{2}{D_p} - \frac{2}{d_{\text{пр}}}\right)^2}. \quad (5)$$

Приведенные диаметры $D_{\text{пр}}$, рассчитанные по двум методам при вдавливании роликов в плоские образцы, хорошо согласуются между собой (табл. 1).

При пластическом контактировании шара или ролика с поверхностью произвольной кривизны получается отпечаток сложной конфигурации, нормальную проекцию площади которого точно рассчитать довольно трудно. Для определения приведенного диаметра воспользуемся кривой изменения условных давлений в зависимости от усилия на индентор.

Будем рассматривать метод определения нагрузки по изменению средних давлений в зависимости от усилия вдавливания шарика в плоский образец, при которой достигается максимальная твердость на определенной глубине упроченного слоя. Эта нагрузка определяет допустимую степень деформации для данного металла. Используем этот метод определения нагрузки для цилиндрического ролика при контак-

Т а б л. 1.

Марка стали	n	a ₀	D _p , мм	d _{пр} , мм	a ₁ , n=2,25	a ₂ , n=2,25	a _{ср}	Расчетная формула	
								2	3
45	2,27	178	80	10	59,5	100,1	79,8	24,75	25
			80	5	59,5	119,1	89,3	15,8	15,2
			30	2,5	76,0	141,6	108,8	7,17	7
40X	2,19	218	80	10	72,9	122,6	97,7	24,75	25
			80	5	72,9	145,9	109,4	15,8	15,2
			30	2,5	93,1	173,4	133,2	7,77	7

тировании с поверхностью произвольной кривизны. С этой целью цилиндрический ролик диаметром 80 мм и профильным диаметром 10 мм вдавливался в вал диаметром 16 мм из стали 45 и диаметром 14 мм из стали 40X под различными нагрузками.

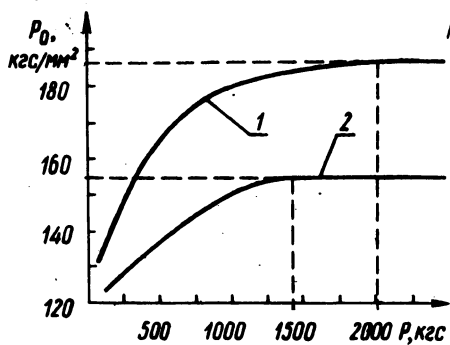


Рис. 1. Изменение условных давлений в зависимости от усилия вдавливания цилиндрического ролика ($D_p = 80$ мм, $r_{пр} = 5$ мм): 1 — сталь 40X, $D = 14$ мм; 2 — сталь 45, $D = 16$ мм.

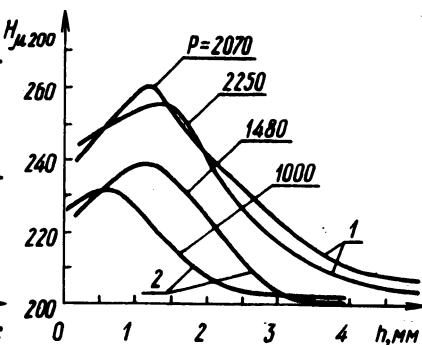


Рис. 2. Изменение твердости деформированного слоя по глубине в зависимости от усилия вдавливания цилиндрического ролика ($D_p = 80$ мм, $r_{пр} = 5$ мм): 1 — сталь 40X, 2 — сталь 45.

Характер изменения условных давлений в зависимости от усилия показан на рис. 1. При касательной, проведенной параллельно оси абсцисс, через максимум условного давления получено усилие, при котором достигается максимальная твердость на определенной глубине упрочненного слоя. Для стали 45 в этом случае усилие равно 1480 кгс, а для стали 40X — 2070 кгс. Такие же усилия получаются при вдавливании шара диаметром 24,75 мм в плоские образцы из этих сталей.

Следовательно, диаметр шара, равный 24,75 мм, будет являться приведенным для данного цилиндрического ролика, что соответствует расчету по изложенной методике. Экспериментальная проверка производилась измерением микротвердости по глубине после статического вдавливания. Для этого образцы разрезались по центрам отпечатков, шлифовались и полировались. Затем измерялась микротвердость по глубине на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на пирамиду 200 г.

Изменение твердости по глубине показано на рис. 2. Как видно, максимальная твердость на определенной глубине упрочненного слоя достигается при расчетном усилии для шарика диаметром 24,75 мм.

Следовательно, при пластическом контактировании шарика или ролика с поверхностью произвольной кривизны, приведенный диаметр определяется так же, как и при контактировании индентора с плоскостью.

Таким образом, настоящая методика позволяет более обоснованно подходить к выбору режимов упрочняющей обработки деталей машин инденторами произвольной кривизны.

УДК 621.941.1

В.А. Николаев, канд.техн.наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БОКОВОГО СМЯТИЯ НА ИЗНОС РЕЗЦОВ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

На качество обработанной поверхности при тонком точении износ резцов оказывает более существенное влияние, чем при других видах токарной обработки.

При снятии тонких стружек происходит заметная поверхностная деформация в виде бокового смятия материала. Для обнаружения эффекта бокового смятия материала был использован сравнительный метод определения течения металла с помощью металлографического микроскопа при точении стали 45 резцами из лейкосапфира и твердого сплава ТЗ0К4.

Геометрические параметры и режимы обработки в обоих случаях были одинаковыми: $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\alpha_1 = 8^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,3$ мм; $v = 165$ м/мин; $t = 0,15$ мм; $s = 0,03$ мм/об.

Установлено, что при тонком точении металл перемещается в направлении, противоположном направлению подачи, причем заусеницы образуются на кромках следов подачи (так называемый эффект выдавливания). Такое действие слабо проявляется при остро заточенном инструменте и значительно усиливается при притупленном. Изучение данного эффекта проводилось путем фотографирования (с увеличением в 200 раз) резцов и обработанной поверхности при $h_z = 0,06$ мм. Имеющиеся на гребешках подачи заусеницы свидетельствуют об эффекте бокового смятия (рис. 1), после же отделения стружки материал еще подвергается деформации. Канавки, обнаруженные на передней и задней поверхностях резца, являются общей формой износа как для монокристаллических инструментов