

Марка стали	Режимы обработки	Режимы резания			Измеряемые параметры	
		глубина резания, мм	скорость, м/мин	подача, мм/об	изнашивание, мм	стойкость, мин
40X	Без электромагнитного течения	10-20	60	1-1,6	0,6	60-90
	Электромагнитное течение	10-20	60	2-2,5	0,2	90-140

Производственные испытания предлагаемого способа электромагнитного точения деталей были проведены в Краматорском станкостроительном производственном объединении. Испытания проводились при токарной черновой обработке шпинделей тяжелых токарных станков диаметром 300-400 мм и длиной 2,5-3,5 м на станке мод. 1А665. В качестве испытываемого инструмента использовали катушку с резцом, имеющим широкую кромку (материал режущей части Т5К10). Точение шпинделей проводили по корке при изменяющейся глубине резания. Изнашивание инструмента по задней поверхности измеряли с помощью лупы Бринелля. Результаты испытаний представлены в таблице.

Анализ испытаний показывает, что при электромагнитном точении деталей производительность обработки повышается в 1,5-2 раза, а стойкость инструмента — в 2-4 раза. Метод электромагнитной обработки может быть широко использован на других группах оборудования при фрезеровании, растачивании корпусных деталей с значительной модернизацией применяемых станков.

А. Л. АБУГОВ, И. Л. БАРШАЙ,  
кандидаты техн. наук

### Моделирование поверхностного пластического деформирования порошковых материалов

Одним из процессов безотходной отделочно-упрочняющей технологии является поверхностное пластическое деформирование (ППД). При разработке технологического процесса ППД конкретной детали технологю необходимо знать особенности формирования поверхностного слоя порошкового материала при ППД. Этой цели служит моделирование этого процесса.

Рассматривая статическое взаимодействие (вдавливание) деформирующего шара с поверхностью, образованной совокупностью сферических порошковых частиц, определяем площадь статического контакта

$$F_c = 2\pi d_{ш} \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} \left[ t - \frac{4R^2(i-1)^2}{d_{ш}} \right],$$

где  $d_{ш}$  — диаметр деформирующего шара;  $t$  — глубина деформирования;  $R$  — радиус порошковой

частицы;  $n = 2 + \frac{\sqrt{d_{ш}t}}{R}$  — число порошковых

частиц, контактирующих с деформирующим шаром (например,  $F_c = 2,78 \text{ мм}^2$ , а  $n = 30$  при  $d_{ш} = 8 \text{ мм}$ ,  $t = 0,2 \text{ мм}$  и  $R = 0,045 \text{ мм}$ ).

Для перехода от статической модели (вдавливания) к динамической (ППД) можно воспользоваться коэффициентами  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$ , предложенными проф. Ю. И. Шнейдером. При этом динамическая площадь контакта  $F_d = F_c \kappa_1 \kappa_2$ , где  $\kappa_1$  — экспериментальный коэффициент, определяемый отношением  $\frac{F_d}{F_c}$ , причем  $F_d$  характеризуется площадью

эллипса, оси которого определяются шириной двух следов, формируемых при продольном перемещении шара вдоль неподвижной образующей образца и при обкатывании шаром вращающегося образца без его подачи;  $\kappa_2$  — экспериментальный коэффициент, учитывающий изменение площади контакта при пластической деформации исходных микронеровностей (определяется как отношение ширины следов контакта, полученных при деформации с определенным усилием соответственно за 10 и 1 оборот). Для порошковых материалов группы ЖГр  $\kappa_1 = 0,7...0,8$ ,  $\kappa_2 = 1,3...1,35$ .

Усилие деформирования можно определить из выражения  $P = m F_d^n$ , где  $m$  — коэффициент, опре-

деляющий критическую нагрузку, которая численно равна отрезку, отсекаемому прямой  $P = f(t)$  на оси  $P$ ;  $n$  — коэффициент, характеризующий тангенсом угла наклона прямой  $P = f(t)$ . Для порошковых материалов группы ЖГр  $m = 0,25...0,35 \text{ кН}$ ,  $n = 1,45...1,6$ .

Для использования предложенных зависимостей при ППД роликом можно воспользоваться зависимостями приведения\*, в соответствии с которыми величина приведенного диаметра  $D_{пр}$  численно равна диаметру такого шара, при введении которого в плоскую поверхность глубина отпечатка будет такой же, как при контакте деформирующего элемента и заготовки произвольной формы и кривизны при одинаковых контактных нагрузках и материалах.

Исследования микропрофиля единичного следа деформирующего ролика показали, что при ППД порошковых материалов не формируются боковые навалы по краям следа, а процесс осуществляется путем эластических деформаций исходных микронеровностей на порошковых частицах, самих порошковых частиц и частичного заполнения пор в зоне контакта ролика с деформируемым материалом.

При моделировании формирования единичного следа деформирующим роликом с профильным радиусом  $R_{пр} = 4 \text{ мм}$  (с изменением усилия деформирования в диапазоне 400-2400 Н) для материала ЖГр2 глубина  $H$  единичного следа увеличивалась в пределах 0,066-0,21 мм, ширина  $B = 1,25-2,4 \text{ мм}$  (для материала ЖГр1Д3:  $H = 0,07-0,3 \text{ мм}$ ,  $B = 1,3-2,95 \text{ мм}$ ). Увеличение профильного радиуса ( $R_{пр} = 8 \text{ мм}$ ) обеспечивало рост параметров  $H$  на 4-5%,  $B$  — на 20-22% для материала ЖГр2 и  $H$  — на 18-20%,  $B$  — на 35-50% для материала ЖГр1Д3. Это объясняется тем, что несмотря на уменьшение удельного давления в зоне контакта увеличивается количество пор

\* Дрозд М. С., Матвиенко М. М., Сидякин Ю. И. Инженерные расчеты упруго-пластической контактной деформации. М.: Машиностроение, 1986. 272 с.

в отмеченной зоне, и поверхностные деформации осуществляются в первую очередь благодаря пластическому течению материала в эти поры, что облегчает внедрение деформирующего ролика в поверхность. Дальнейшее увеличение профильного радиуса ( $R_{пр} = 12$  мм) значительно снижает гео-

метрические параметры единичного следа, причем интенсивность снижения больше интенсивности указанного выше первоначального роста этих параметров. Это объясняется дальнейшим снижением удельного давления в зоне контакта, которое уже не может компенсироваться ростом количества пор. Разворот деформирующего ролика относительно оси заготовки на угол в пределах  $\pm 12^\circ$  увеличивает  $H$  до 30–33%, а  $B$  — до 24–26% по сравнению с установкой ролика параллельно оси заготовки.

Полученные зависимости позволяют выявить основные закономерности формирования поверхностного слоя порошкового материала при ППД и целенаправленно подходить к разработке этого процесса.

А. И. ЦАРЕНКО

### Гофры повышают устойчивость балки

Устойчивость плоской формы изгиба тонких высоких балок повышается при наличии на них продольных гофров большой кривизны, при этом не увеличивается масса конструкции и количество расходуемого материала. Эта закономерность объясняется тем, что перераспределяются участки площадей поперечного сечения балки относительно осей, проходящих через центр тяжести поперечного сечения балки. Кроме того, при нанесении гофров большой кривизны материал упрочняется вследствие пластических деформаций в ограниченном объеме. Незначительное гофрирование можно применять и на балках типа тавров, швеллеров и т. д., причем гофры легче наносить в процессе прокатки балок, листов, профилей. Сварка таких листов принципиально не отличается от сварки гладких листов, так как гофры относительно малы. При этом при резке форма гофров и размеры сечения листов не искажаются.

Выполненная таким способом балка показана на рисунке (аналогичная балка можно применять для жесткости на листах обшивки различных инженерных сооружений). На стенке 1 с гофрами 2 и 3 большой кривизны по свободной кромке предусмотрен поясok 4. Второй продольной кромкой стенка балки закреплена, как обычно, с помощью сварных швов на присоединенном

пояске 5 из листа обшивки (пластины). Такое техническое решение обеспечивает необходимую жесткость, прочность и устойчивость формы балки и перекрытия в целом при меньшей толщине стенки  $\delta$ . Ширина  $b$  свободного пояса 4 может быть меньше, чем у обычных тавровых балок (катаных или сварных). В результате снижаются масса балки и расход материала, а конструкции из таких балок кажутся легкими и ажурными.

Необходимо отметить, что с повышением устойчивости формы появляется возможность увеличивать  $h$  при уменьшении  $\delta$  (если нужно повысить максимальный момент инерции и момент сопротивления относительно оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения балки, причем момент инерции прямо пропорционален  $h^3$ , а момент сопротивления —  $h^2$ ). Поскольку моменты инерции и сопротивления (максимальные) пропорциональны  $\delta$  лишь в первой степени, следовательно, толщина стенки влияет в меньшей степени, чем  $h$ .

С. Ф. РИКМАН, Л. М. НАТАПОВ,  
Л. П. ШАЦМАН

### Бесстружечные усиленные метчики

Метчики бесстружечные усиленные (МБУ) отличаются от традиционных режущих метчиков наличием на заборной и калибрующей частях полнопрофильной, затылованной по профилю резьбы, что предопределяет специфику кинематики основной операции изготовления метчиков — шлифования резьбы с формированием профиля поперечного сечения, заборной и калибрующей частей.

Отечественная промышленность не выпускает специальных резьбошлифовальных станков для изготовления МБУ и аналогичных им инструментов, поэтому приходится использовать универсальные резьбошлифовальные станки мод. 5822, 5822М и 5К822В с применением спецоснастки. Профилирование поперечного сечения резьбовой части МБУ затруднений не вызывает, так как профиль рабочей части кулачков затылования (а. с. 476394) для указанных станков одинаков (разница только в размерах кулачков и конструктивном выполнении составных элементов). Сложнее выполнить на МБУ заборную часть. Угол уклона рабочей поверхности предназначенных для этого копирных линеек соответствует углу уклона заборной части МБУ, зависит от него и передаточного числа  $i$  от копирной линейки к шлифуемой резьбе для данной модели станка ( $i$  показывает, чему равна вертикальная составляющая перемещения толкателя при перемещении шлифовальной бабки на 1 мм). Для станков мод. 5822, 5822М и 5К822В соответственно  $i = 2,148; 6,410$  и  $11,993$ . Очевидно, чем больше  $i$ , тем больше угол уклона рабочей части копирной линейки для одного и того же значения угла уклона заборной части МБУ.

Для станков мод. 5822 и 5822М изготовление МБУ не сопряжено с технологическими сложностями, но эти станки уже не выпускаются и заменены станками мод. 5К822В, в которых рычажная система механизма конусного шлифования заменена реечно-винтовой. При этом передаточное число  $i$  практически увеличилось до 12; изменение кинематики механизма затылования станка потребовало профилировать не только заборную, но и калибрующую части.

Авторами разработан и запатентован способ и устройство изготовления МБУ на резьбошлифовальном станке мод. 5К822В (а. с. 17448997). МБУ с конической заборной частью имеют кинематическую погрешность изготовления по шагу  $\Delta P$  на переходном витке от заборной к калибрующей части. При циклических нагрузках в процессе работы могут наблюдаться выкрашивание деформирующих граней на переходном витке. Для уменьшения влияния на стойкость инструмента погрешности  $\Delta P$  изготавливают МБУ с криволинейными заборными частями (радиусными, параболическими и др.). У таких метчиков погрешность  $\Delta P$  распределена между всеми витками резьбы заборной части, причем в зоне наиболее нагруженного переходного витка она становится минимальной. Таким образом, новый способ позволяет изготавливать МБУ со стандартной конической заборной частью, а также МБУ повышенной стойкости — с криволинейными заборными частями.

При изготовлении МБУ используются копирные линейки с двумя рабочими поверхностями 2 и 3 (на рисунке показана линейка для изготов-