

Увеличение зернистости кругов в рассматриваемом диапазоне снижает удельный расход алмазов приблизительно на 10%.

Изменение окружной скорости вращения круга приводит к снижению  $q_f$  в 1,8 раза.

Сопоставление производительности рассматриваемого процесса с производительностью обычного абразивного шлифования стали ЭИ347Ш ( $S_n \leq 0,12$  мм/мин) приводит к выводу о возможности повышения ее при использовании ЭШ как минимум в 2-3 раза. Удельный расход алмазов при этом не превысит 2 мг/г.

### Л и т е р а т у р а

1. К а ц е в П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М., "Машиностроение", 1974.
2. Оптимизация технологических процессов в гальванотехнике. М., "Машиностроение", 1972.

В.А.Хрульков, Ю.Б.Дмитриев

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

При проведении экспериментальных работ по определению сил резания в зависимости от различных параметров процесса шлифования использовался тензометрический центр, устанавливаемый в заднюю бабку станка модели ВЕ-33.

Одновременно измерялись силы резания  $P_y$  и  $P_z$ . Для этой цели деформируемая часть тензометрического центра была выполнена в виде четырехгранника. Деформации воспринимались четырьмя тензодатчиками с базой 20 мм и сопротивлением 183 бма - по два тензодатчика на каждую составляющую.

По принятой схеме включения тензодатчиков, измеряемый ток усиливается четырехканальным тензоусилителем ТА-5 и подается на шлейф осциллографа Н-700.

Для уменьшения погрешностей при измерении сил резания с помощью заднего тензоцентра шлифованию подвергались образцы длиной не более 40 мм.

Особенностью разработанной методики измерения сил резания при шлифовании является то, что с целью снижения трудоемкости экспери-

ментальных работ, а также для получения объективной зависимости сила-глубина резания обработке подвергался образец, ось симметрии которого была смещена относительно оси вращения в центрах. Величина смещения осей устанавливалась из расчета полуразности верхнего и нижнего значений исследуемого диапазона глубин шлифования. Схема обработки показана на рис. 1. При реализации данной схемы обработки удается получить

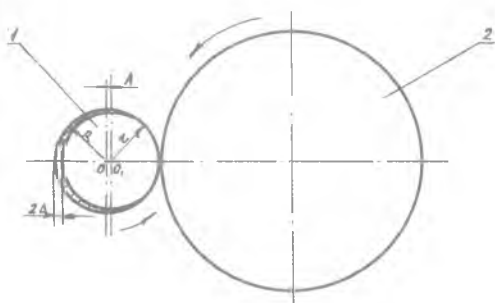


Рис.1.Схема шлифования образца со смещением оси

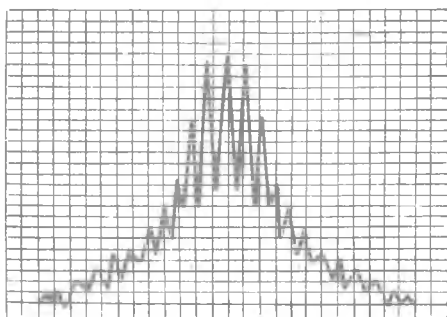


Рис.2.Типовая осциллограмма силы  $P_p$  при шлифовании образца со смещенной осью

зависимость составляющих сил резания при различных глубинах шлифования практически после одного оборота образца. Это существенно снижает трудоемкость экспериментальных работ.

Большое значение в предлагаемой методике имеет идентичность условий шлифования, в частности, состояния шлифовального круга, при изменении глубин шлифования во всем исследуемом диапазоне. Это обеспечивает получение более объективных экспериментальных данных.

Еще одним немаловажным фактом является получение зависимости сила-глубина резания непосредственно на осциллограмме и отпадает необходимость построения ее по дискретным значениям. На рис. 2 представлена типовая осциллограмма, которая показывает влияние глубины шлифования на силы резания.

Рассматривая схему обработки (рис.1) в полярных координатах с полюсом в центре  $O_1$  можно вывести зависимость глубины шлифования от углового положения детали.

Уравнение окружности радиуса  $R$  может быть записано в следующем виде:

$$\rho^2 + 2\rho \Delta \cos \varphi + \Delta^2 = R^2, \quad (1)$$

где  $\Delta$  - величина смещения оси симметрии образца относительно оси вращения.

Тогда величину глубины шлифования  $t_\varphi$  можно определить как

$$t_\varphi = \rho - z. \quad (2)$$

Решая уравнение (1) относительно  $\rho$ , получим

$$\rho = \Delta \cos \varphi + \sqrt{(\Delta \cos \varphi)^2 + R^2 - \Delta^2}, \quad (3)$$

т.е. глубина в зависимости от угла  $\varphi$  может быть рассчитана по следующей формуле

$$t = \sqrt{\Delta^2 (\cos^2 \varphi - 1) + R^2} - \Delta \cos \varphi - z. \quad (4)$$

При подстановке значений  $\cos \varphi$  следует учитывать, что от 0 до  $\frac{\pi}{2}$  значения  $\cos \varphi$  положительны, а от  $\frac{\pi}{2}$  до  $\pi$  - отрицательны. Располагая данными по числу оборотов детали  $n$  об/мин и скорости движения фотобумаги осциллографа  $V$  см/мин, точки осциллограммы, соответствующие определенным величинам глубины были установлены из соотношения  $\frac{n}{V}$  об/см. Начало отсчета осуществлялось от экспериментальной точки осциллограммы, так как максимальная сила соответствует наибольшей глубине шлифования, равной в свою очередь удвоенной величине  $\Delta$ .

Имея данные тарировочного графика скорость перемещения фотобумаги осциллографа и скорость вращения образца, нетрудно превратить запись осциллограммы в графическую зависимость. Для этого отрезок по оси абсцисс от максимальной до минимальной амплитуды делится на некоторое количество равных частей (в данной работе взято 12). Окружность делится на количество равных частей, в два раза большее. Затем для каждого углового положения образца по формулам (1) и (2) подсчитываются значения глубин шлифования и вписываются под соответствующими делениями на осциллограмме. Ось ординат переносится с тарировочного графика.

Тарировка тензометрического центра осуществляется с помощью пружинного динамометра при нагрузках от 1 до 70 кг.

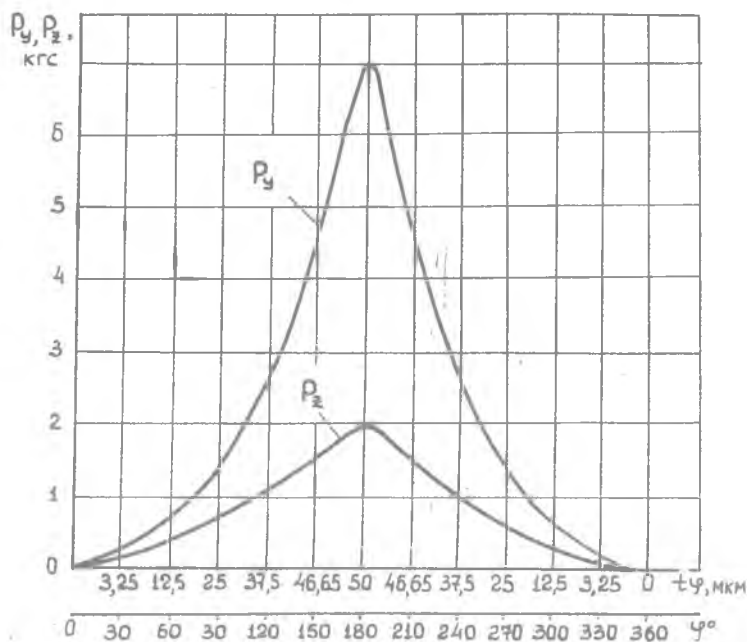


Рис.3. Зависимости сил  $P_y$  и  $P_z$  от  $t_\varphi$  при шлифовании кругом ACB 125/100 M1 100  
 $t_\varphi$  - глубина шлифования при различных угловых положениях обрабатываемой поверхности

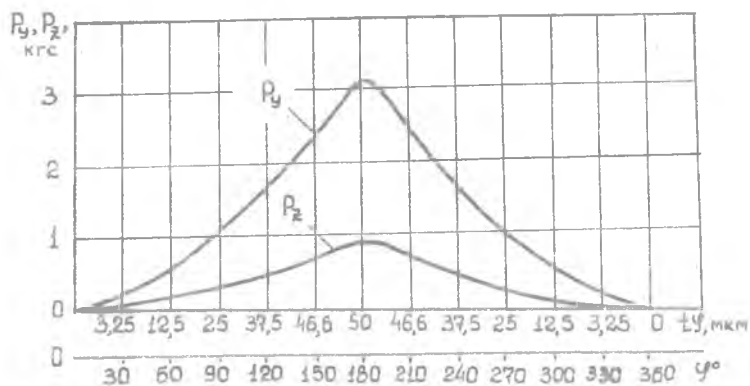


Рис.4. Зависимости сил  $P_y$  и  $P_z$  от  $t_\varphi$  при шлифовании кругом АСП 125/100 Б1 100

Результаты экспериментальных измерений сил  $P_y$  и  $P_z$  приведены на рис. 3,4. Каждый график строился по данным четырех опытов. При усреднении осциллограмм учитывались колебания системы СПИД. Расчетные точки для  $P_y$  и  $P_z$  располагали по линии, соответствующей приблизительно нулевому положению, относительно которого колеблется система СПИД в процессе шлифования.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при шлифовании вакуумплотной керамики алмазными кругами АСВ 125/100 М1 100% увеличение глубины шлифования до 0,05 мм приводит к росту составляющих сил  $P_y$  и  $P_z$  соответственно до 7 и 2 кгс. Коэффициент шлифования  $P_z/P_y$  для конкретного диапазона глубин шлифования, показанного по оси абсцисс (рис.3), уменьшается с увеличением глубины шлифования.

Зависимости, полученные по предложенной методике, позволяют объективно оценить коэффициент шлифования в любой точке исследуемого диапазона параметра.

При шлифовании кругами на органической связке наблюдается снижение сил примерно в 2 раза по сравнению с процессом шлифования кругом на металлической связке той же зернистости и концентрации.

При шлифовании кругами на органической связке Б1 коэффициент шлифования для глубины 0,05 мм больше, чем для кругов на металлической связке М1.

На рис.5 показаны зависимости сил  $P_y$  и  $P_z$  от продольной подачи. График представлен в виде серии стилизованных осциллограмм, полученных при шлифовании образца, ось симметрии которого смещена относительно оси вращения на 0,005 мм, т.е. глубина шлифования менялась в пределах полуоборота от 0 до 0,01 мм.

Форма графического изображения зависимостей  $P_y$  и  $P_z$  от  $S$  в виде последовательно расположенных стилизованных осциллограмм позволяет максимально сконцентрировать информацию для анализа и выявления основных закономерностей процесса.

Продольная подача наряду с глубиной шлифования является основным фактором, влияющим на величину сил  $P_y$  и  $P_z$ . При шлифовании керамики кругом АСВ125/М1,100% с увеличением продольной подачи от 0,15 до 0,7 м/мин  $P_y$  и  $P_z$  увеличиваются соответственно от 1,6 до 9 кгс и от 0,5 до 2,4 кгс при глубине  $t = 0,01$  мм.

Коэффициент шлифования при изменении продольной подачи в указанных пределах колеблется от 1/3 до 1/4; при  $S = 0,35$  м/мин коэффициент шлифования максимальный. Изменение подачи в сторону увеличения или уменьшения от указанного предела приводит к уменьшению коэф-

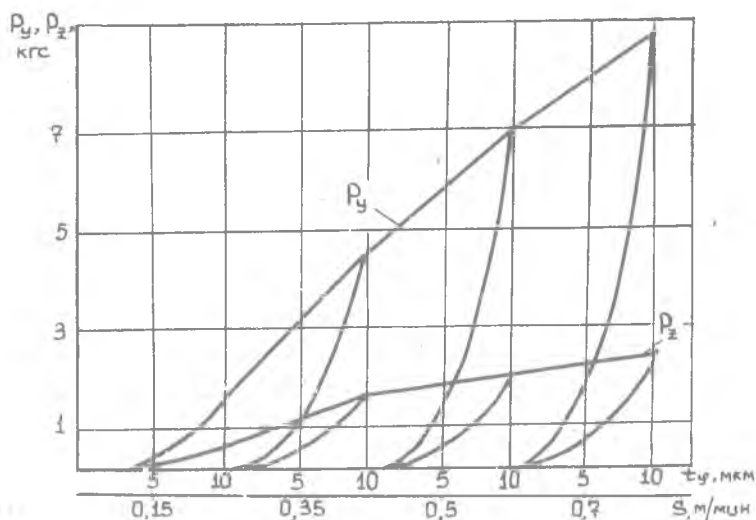


Рис. 5. Зависимости сил  $P_y$  и  $P_z$  от глубины шлифования в исследуемом диапазоне подач кругом АСП 125/100 В1 100  
 $V_k = 35$  м/сек;  $V_n = 10,8$  м/мин;  $S_{\text{пол}} = 0,1$  м/мин

коэффициента шлифования. Наличие экстремального значения коэффициента шлифования может быть объяснено вибродинамическими характеристиками процесса, например, изменением жесткости системы СПИД для различных участков по длине детали и взаимодействием вынужденных и собственных колебаний системы.

Зависимости, показанные на рис. 5 позволяют произвести оценку коэффициента шлифования для различных глубин в исследуемом диапазоне подач.

Коэффициент  $P_z/P_y$  для конкретного диапазона глубин будет отличаться в зависимости от других составляющих режимов резания и прежде всего от продольной подачи. Поэтому для оценки эффективности режимов резания, целесообразно рассматривать весь диапазон глубин при последовательном изменении величины продольной подачи.

При глубине шлифования 0,005 мм минимальный коэффициент  $P_z/P_y$  в исследуемом диапазоне подач зафиксирован при подаче 0,5 м/мин, а на глубине 0,01 мм - при подаче 0,7 м/мин. Максимальное значение коэффициента шлифования для глубин 0,005 мм и 0,01 мм имеет место при подаче 0,35 м/мин.

## В в о д ы

1. Разработанная методика измерения сил резания при круглом шлифовании позволяет получать объективную зависимость сил резания от режимов шлифования.
2. Силы резания  $P_y$  и  $P_z$  при шлифовании алмазными кругами зернистостью 125/100, с концентрацией 100%, на органической связке В1 меньше, чем для кругов на металлической связке М1.
3. С увеличением продольной подачи от 0,15 до 0,7 м/мин силы  $P_y$  и  $P_z$  увеличиваются до 5 раз.
4. Коэффициент шлифования увеличивается с уменьшением глубины от 0,05 мм.
5. Зависимость коэффициента шлифования от продольной подачи имеет экстремальный характер и максимальное значение при  $S = 0,35$  м/мин.

Л.В.Худобин, Ю.В.Полянсков, А.Л.Глузман

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ СОЖ И СПОСОБОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

С целью отыскания наиболее эффективного состава и способа применения СОЖ при алмазном шлифовании деталей из жаропрочной стали ЭИ-61Ш испытано 10 составов СОЖ (табл.1). Шлифование осуществлялось кругом АПШ 250-10-5-75 АСЖ 200/160-М016-100. Режимы шлифования приближены к принимаемым в условиях производства: скорость круга  $V_k = 37,3$  м/сек, скорость вращения детали  $V_d = 38 - 40$  м/мин, продольная подача стола  $S_{пр} = 6 - 8$  м/мин. Поперечная подача выбиралась из условия обеспечения максимальной производительности при отсутствии тепловых дефектов на шлифованной поверхности деталей.

В ассортимент сравнимых СОЖ вошли жидкости, наиболее часто применяющиеся на производстве при обычном абразивном шлифовании, а также ряд составов, приготовленных на основе следующих соображений.

Жаропрочные сплавы достаточно химически активны, имеют низкую теплопроводность. Поэтому для нейтрализации реакций, протекающих в зоне шлифования, снижения сил резания и контактной температуры, СОЖ должны содержать компоненты, иницирующие на поверхности круга пленки с высокими физико-химическими свойствами и способствующие образованию модифицированных слоев на поверхности металла. Такими свойствами, по данным [1], [2], [3], [4], обладают жидкости, являющиеся донорами