

Новиков Ф.В., ХНЭУ, Харьков,
Андилахай А.А., Ишиак Шайбу Аруди,
ГВУЗ "ПГТУ", Мариуполь, Украина

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МЕЛКИХ ДЕТАЛЕЙ ЗАТОПЛЕННЫМИ СТРУЯМИ

В настоящее время операции зачистки мелких точных деталей (массой до 3 г) малой жесткости и сложной конфигурации остались не механизированными, часто осуществляются вручную и требуют новых технологических решений. Это обусловлено в первую очередь низкой эффективностью применения на данных операциях прогрессивных методов отделочной струйно-абразивной обработки, т.к., с одной стороны, из-за больших сил, прикладываемых к деталям, происходит их деформация, а с другой стороны, эти методы нетехнологичны, поскольку абразивным потоком разрушаются сопла, что требует их частой замены и приводит к нестабильности процесса обработки. Поэтому предложен новый метод абразивной обработки, осуществляемый с помощью струй сжатого воздуха, затопленных абразивной суспензией. Для этого в рабочую камеру, содержащую свободно помещенные обрабатываемые детали и абразивную суспензию, подают сжатый воздух в виде струй, расположенных таким образом, чтобы достигались обработка и перемешивание деталей, а также обеспечивалась сохранность внутренних поверхностей рабочей камеры. При такой схеме обеспечивается сохранность (долговечность) сопел, подающих сжатый воздух, и стабильность процесса обработки. В связи с недостаточной изученностью данного метода обработки ниже обоснованы технологические возможности повышения качества и производительности абразивной обработки деталей затопленными струями. В основу решения положено условие равенства кинетической энергии $W = m \cdot V_0^2 / 2$ движущегося зерна и работы резания $A = P_z \cdot l$, где m – масса абразивного зерна, кг; V_0 – начальная скорость движения абразивного зерна, м/с; $P_z = \sigma \cdot a \cdot v$ – тангенциальная составляющая силы резания, Н; σ – условное напряжение резания, Н/м² (энергоёмкость обработки, Дж/м³); a , v , l – толщина, ширина и длина среза, м. Откуда определен объем среза отдельным зерном

$$\mathcal{Q}_{\text{срез}} = a \cdot v \cdot l = \frac{m \cdot V_0^2}{2 \cdot \sigma}. \quad (1)$$

Как видно, увеличить $\mathcal{Q}_{\text{срез}}$ при заданном значении W можно исключительно за счет уменьшения энергоёмкости обработки σ . С другой стороны, уменьшить толщину среза (параметр шероховатости поверхности $R_{\text{max}} \sim a$) при заданном значении $\mathcal{Q}_{\text{срез}}$ можно увеличением длины среза l , т.е.

$$R_{\text{max}} = \frac{\mathcal{Q}_{\text{срез}}}{v \cdot l}. \quad (2)$$

Энергоёмкость обработки σ определяется зависимостью

$$\sigma = \cos \psi_1 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2 \cdot \tau_{\text{сдв}}}{[1 - \sin(\alpha + \psi_1)]}, \quad (3)$$

где $\tau_{сдв}$ – предел прочности на сдвиг обрабатываемого материала, Н/мм²; $\Psi_I = \Psi + \gamma$; Ψ – условный угол трения зерна с обрабатываемым материалом; γ – отрицательный передний угол зерна; α – угол входа зерна в материал.

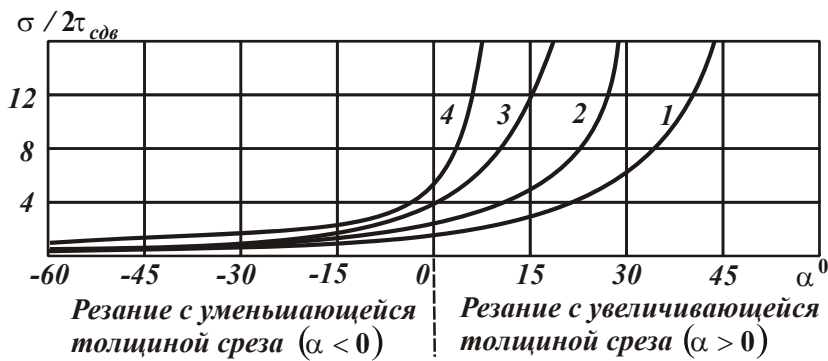


Рисунок 1 – Зависимость $\sigma / 2\tau_{сдв}$ от угла α :

1 – $\Psi_I = 30^\circ$; 2 – $\Psi_I = 45^\circ$; 3 – $\Psi_I = 60^\circ$; 4 – $\Psi_I = 70^\circ$

Как следует из рис. 1, при $\alpha < 0$ энергоёмкость обработки σ принимает меньшие значения по сравнению со случаями $\alpha = 0$ и $\alpha > 0$. Поэтому основной эффект абразивной обработки деталей затопленными струями состоит в обеспечении процесса резания с уменьшающейся толщи-

ной среза, который достигается при обработке кромок заготовок, устранении заусенцев и уменьшении микронеровностей на обрабатываемых поверхностях.

Расчетно-экспериментальным путем определено значение условного напряжения резания σ при обработке латуни: $\sigma = 15 \cdot 10^3$ Н/мм². Предел прочности на растяжение латуни равен $\sigma_p = 360$ Н/мм², т.е. в 41,6 раза меньше σ . Согласно зависимости (3) и рис. 1, такое большое различие значений σ и $\sigma_p \sim \tau_{сдв}$, по сути, предполагает переход от процесса резания к процессу пластического деформирования обрабатываемого материала. Причем, данная закономерность имеет место в широких диапазонах изменения углов α и $\Psi_I = \Psi + \gamma$. Так, расчетами установлено, что при угле $\alpha = 10^\circ$ угол $\Psi_I > 70^\circ$, при угле $\alpha = 20^\circ$ угол $\Psi_I > 60^\circ$, при угле $\alpha = 30^\circ$ угол $\Psi_I > 45^\circ$. Из этого следует, что при обработке деталей из латуни может иметь место как процесс резания (с образованием стружки), так и процесс пластического деформирования материала (без образования стружки). При условии $(\alpha + \Psi_I) \rightarrow 90^\circ$ больше различие значений σ , σ_p и тем вероятнее, что сьем металла будет происходить путем его пластического деформирования без образования стружки.

На основе проведенных исследований разработана гамма установок для осуществления отделочной абразивной обработки мелкогабаритных деталей затопленными струями. Их применение позволяет исключить трудоемкие ручные зачистные операции, повысить качество, производительность и стабильность обработки за счет улучшения товарного вида обработанных деталей и одновременной обработки большого количества деталей, загруженных в рабочую камеру «навалом». Установлено, что в процессе обработки происходит скругление кромок деталей, устраняются заусенцы, следы коррозии и разные неоднородности на обрабатываемых поверхностях, образуется однородная матовая поверхность с шероховатостью в пределах $R_a = 0,8 \dots 1,25$ мкм, с упрочняющим наклепом (сжимающими напряжениями глубиной 5 – 6 мкм). Показано, что по сравнению с традиционной ручной обработкой мелких деталей применение разработанных установок и технологий абразивной обработки затопленными струями позволяет в отдельных случаях уменьшить трудоемкость до 66 раз.