

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой
"Техники и технологии"

Харьковский национальный экономический университет
имени Семена Кузнеця, г. Харьков, Украина

Андилахай А.А., докт. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой
"Технология машиностроения"

ГВУЗ "Приазовский государственный технический университет",
г. Мариуполь, Украина

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФИНИШНОЙ СТРУЙНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МЕЛКИХ ДЕТАЛЕЙ

В работе обоснованы технологические возможности и определены рациональные параметры абразивной обработки деталей затопленными струями.

We justify the technological capabilities and defined rational parameters of abrasive machining submerged jet.

Практикой установлено, что при струйно-абразивной обработке интенсивный износ каналов сопел, через которые прокачивается абразивная суспензия, в ряде случаев ограничивает эффективное использование этого прогрессивного метода обработки. Поэтому применительно к обработке мелких деталей (массой до 3 г) предложен метод абразивной обработки затопленными струями. Его сущность состоит в том, что через сопла прокачивается только сжатый воздух, а абразивные зерна, находящиеся в абразивной суспензии, присоединяются к струям сжатого воздуха после срезов сопел. Струи сжатого воздуха подаются таким образом, чтобы достигались обработка и равномерное перемешивание деталей, а также обеспечивалась сохранность внутренних поверхностей рабочей камеры. Поэтому в работе обоснованы возможности повышения качества и производительности обработки мелких деталей.

С использованием установки, показанной на рис. 1, экспериментально установлено, что плотность покрытия следами абразивных зерен обрабатываемой поверхности детали (рис. 2) увеличивается от середины к ее краям (рис. 3). Следовательно, наибольшая интенсивность съема материала при абразивной обработке затопленными струями достигается на торцовых поверхностях обрабатываемых мелких деталей.

На базе планированного факторного эксперимента $2 \cdot 10^{-6}$ (1/8 реплики) построены математические модели определения производительности обработки (в качестве критерия оценки выбран металлосъем M в мг за 30 минут обработки) и шероховатости поверхности (по критерию R_{max} , в мкм):

$$M = 39,9 \frac{V_a^{0,313} \cdot D_a^{0,046} \cdot m_d^{0,002} \cdot \Sigma^{0,833} \cdot W_{жс}^{0,16} \cdot d_c^{0,088} \cdot n_c^{0,4} \cdot D_{разм}^{0,074} \cdot \zeta^{0,009}}{\delta^{0,02}}; \quad (1)$$

$$R_{max} = 7,4 \frac{V_a^{0,27} \cdot D_a^{0,083} \cdot m_{\partial}^{0,028} \cdot \Sigma^{0,277} \cdot W_{жс}^{0,136} \cdot d_c^{0,09} \cdot n_c^{0,04} \cdot D_{разм}^{0,273} \cdot \zeta^{0,143}}{\delta^{0,054}}, \quad (2)$$

где V_a – объем загружаемого абразива, л; D_a – зернистость абразива, мм; m_{∂} – единичная масса обрабатываемых деталей, г; Σ – суммарная масса обрабатываемых деталей, кг; $W_{жс}$ – объем заливаемой жидкости, л; d_c – диаметр сопел, мм; n_c – количество сопел; $D_{разм}$ – диаметр размещения сопел, м; ζ – угол оси сопла к горизонту, градус; δ – угол между осью сопла и касательной к окружности в точке ее размещения, градус.

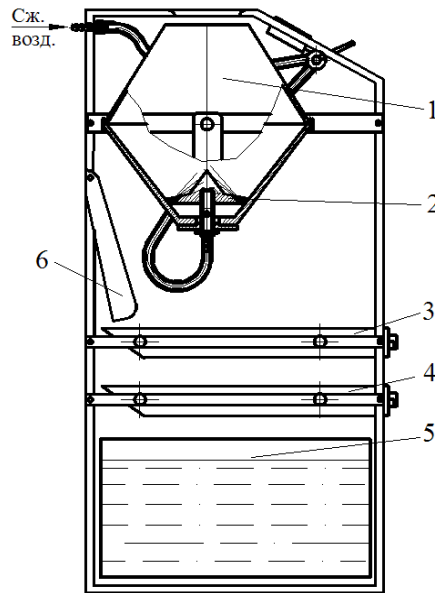


Рис. 1. Установка с объемом рабочей камеры 30 л: 1 – рабочая камера; 2 – сопловой аппарат (завихритель); 3 – решето для деталей; 4 – решето для абразивного зерна; 5 – бак-отстойник; 6 – желоб для суспензии



Рис. 2. Образцы из латуни ЛС59.1 в форме диска диаметром 20 мм и толщиной 0,5; 1; 2; 4 и 8 мм до обработки (а) и после обработки (б)

Как следует из зависимости (1), наибольшее влияние на производительность обработки оказывает суммарная масса деталей Σ и в меньшей мере параметры n_c , V_a и $W_{жс}$. Установлено также незначительное влияние зернистости абразива D_a на производительность абразивной обработки затопленными струями, тогда как в известных методах струйно-абразивной обработки зернистость абразива является определяющим параметром процесса.

Как следует из зависимости (2), фактически в одинаковой степени основное влияние на максимальную высоту микронеровностей обработанной

поверхности R_{max} оказывают параметры Σ , V_a и $D_{разм}$. Доказано, что достигаемая высота микронеровностей R_{max} находится в непосредственной связи с производительностью обработки, представленной съемом металла, и стабилизируется для данных условий обработки при $R_{max} = 3,4$ мкм.

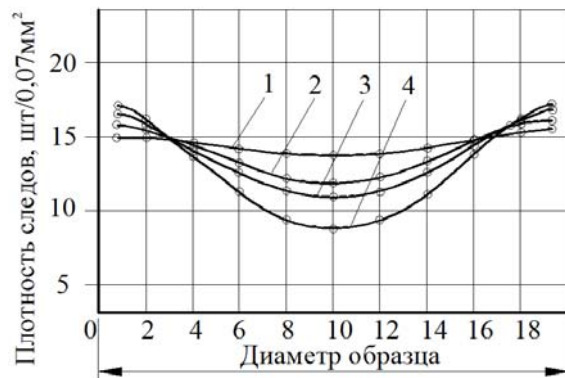


Рис. 3. Плотность следов абразивных зерен (в поле зрения объектива – 0,07 мм²) в диаметральном направлении образцов в форме диска при толщине диска: 1 – 4,0 мм; 2 – 2,0 мм; 3 – 1,0 мм; 4 – 0,5 мм

Экспериментально установлено, что реализовать наибольшую производительность обработки, например, для заданной шероховатости поверхности $R_{max} = 3,4$ мкм можно применением следующих условий обработки: объем загружаемого абразива – 0,18 л.; зернистость абразива – № 40; суммарная масса обрабатываемых деталей – 0,4 кг; объем заливаемой жидкости – 3,0 л.; диаметр сопел – 2 мм; количество сопел – 8; диаметр размещения сопел – 110 мм, угол оси сопла к горизонту – 25° ; угол между осью сопла и касательной к окружности в точке ее размещения – $0 \dots 5^{\circ}$. На этой основе разработано эффективное оборудование в виде гаммы установок (защищенных авторскими свидетельствами и патентами) для абразивной отделочной обработки мелкогабаритных деталей затопленными струями, позволяющее ликвидировать трудоемкие ручные зачистные операции, повысить качество, производительность и стабильность обработки за счет улучшения товарного вида обработанных деталей при одновременной обработке большого количества деталей с загрузкой в рабочую камеру «навалом». Разработанные установки обеспечивают высокоэффективную направленную обработку торцовых поверхностей, плоских поверхностей и одновременно торцовых и плоских поверхностей деталей, а также обеспечивают улучшение эргономических показателей обработки за счет ее автоматизации и механизации. Повышение качества и производительности обработки достигается за счет применения сверхзвуковых профилированных сопел Лавалю. В процессе обработки происходит скругление кромок деталей, устраняются заусенцы, следы коррозии и разные неоднородности на обрабатываемых поверхностях (рис. 4), 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).

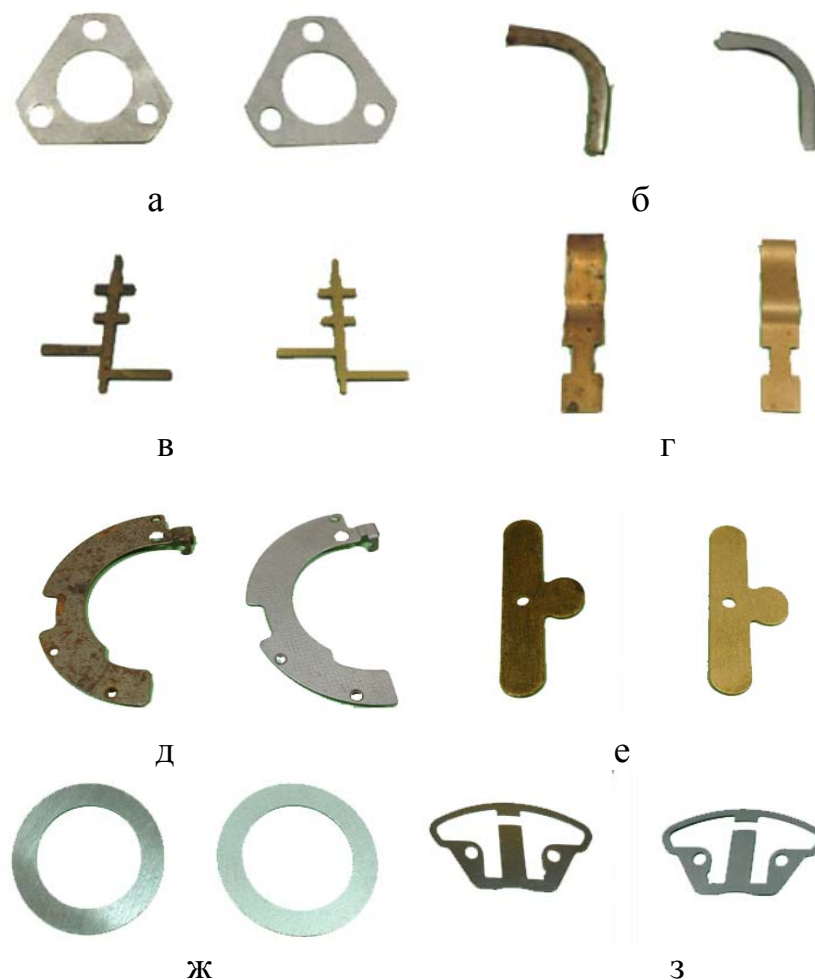


Рис. 4. Внешний вид деталей из различных материалов до и после обработки: а – алюминий; б – сталь-3; в – латунь ЛС59.1; г – бериллиевая бронза БрБ2; д – сталь 3; е – титановый сплав ВТ-1; ж – латунь Л63; з – дуралюмин Д16.

Практикой установлено, что эффективной областью применения абразивной обработки затопленными струями является обработка мелких точных деталей малой жесткости и сложной конфигурации радио- и электротехнической промышленности, приборостроения, точной механики, оптико-механического производства, прецизионных деталей, используемых для нанотехнологий, общемашиностроительного назначения и деталей ювелирных изделий и геральдики.

Промышленные испытания разработанных установок показали, что за счет сохранности каналов сопел обеспечивается их надежная и бесперебойная работа, практически не нуждающаяся в техническом обслуживании. Установлено, что за время выполнения операции (приблизительно 40 минут) основное (машинное) время составляет 30 – 35 минут, т.е. оператор

занят на обслуживании одной установки 5 – 10 минут. Следовательно, в условиях участка отделочной обработки оператор может одновременно обслуживать три таких установки с последовательным запуском их в работу. Производительность обработки мелких деталей на разработанных установках по сравнению с их традиционной ручной немеханизированной обработкой может быть увеличена до 66 раз. Все зависит от количества обрабатываемых деталей: с их увеличением производительность резко увеличивается. Это, естественно, позволяет исключить технологические операции на предприятии, связанные с ручной отделочной (зачистной) обработкой данных деталей, и уменьшить число рабочих на этих операциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андилахай А.А. Абразивная обработка деталей затопленными струями / А.А. Андилахай. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 190 с.
2. Новиков Ф.В. Теоретические основы абразивной обработки мелких деталей затопленными струями / Ф.В. Новиков, А.А. Андилахай // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XI-й Междунар. научн.-практ. конф. (19-21 марта 2014 года). В 4-х томах, Том 3. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – С. 211-213.