

*А.А. АНДИЛАХАЙ*, канд. техн. наук, доц. ГВУЗ "ПГТУ", Мариуполь

## **УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ**

В статье приведены результаты исследований производительности абразивной обработки деталей затопленными струями. Показано, что основным условием повышения производительности является увеличение скорости движения абразивных зерен при обеспечении равномерного перемешивания обрабатываемых деталей и всестороннего воздействия абразивных зерен на их поверхности. Экспериментально установлено, что увеличение съема металла независимо от предела прочности материала происходит пропорционально времени обработки.

**Ключевые слова:** абразивная обработка, скорость движения абразивного зерна, время обработки.

**Введение.** Операции финишной абразивной обработки ответственных деталей машин, как правило, трудоемки и поэтому повышение производительности обработки является актуальной задачей, имеющей большое практическое значение при обработке как связанным, так и свободным абразивом. В особой мере это относится и к методам струйно-абразивной обработки, в частности, к прогрессивному методу абразивной обработки деталей затопленными струями. Как известно, существенным недостатком метода струйно-абразивной обработки является интенсивный износ каналов сопел, через которые прокачивается абразивная суспензия. Метод абразивной обработки деталей затопленными струями лишен указанных недостатков, т.к. через сопла прокачивается только сжатый воздух, а абразивные зерна, находящиеся в абразивной суспензии, присоединяются к струям сжатого воздуха после срезов сопел. Вместе с тем, данный метод мало изучен и требует теоретического и экспериментального обоснования его возможностей, особенно в плане определения условий повышения производительности обработки.

**Анализ основных достижений и литературы.** В работах [1, 2] экспериментально установлено, что основным направлением повышения производительности струйно-абразивной обработки является увеличение скорости движения абразивных зерен. Однако в научно-технической литературе такие данные отсутствуют применительно к методу абразивной обработки деталей затопленными струями. В связи с этим важно знать закономерности изменения производительности данного метода обработки от скорости движения абразивных зерен, что требует установления аналитической зависимости, увязывающей производительность и скорость движения зерен.

**Цель исследования, постановка задачи.** Целью данной работы является обоснование возможностей повышения производительности абразивной обработки деталей затопленными струями. Для этого аналитически определим производительность обработки и оценим возможности ее увеличения.

**Материалы исследования.** Для достижения поставленной цели производительность обработки выразим зависимостью

$$Q = \frac{\mathcal{G}}{\tau}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{G} = N \cdot \mathcal{G}_{\text{срез}}$  – объем материала, удаляемый с поверхностей обрабатываемых деталей за определенное время  $\tau$ , м<sup>3</sup>;

$N = k_0 \cdot n$  – количество микросрезов на обрабатываемых поверхностях деталей, образованных абразивными зёрнами за время  $\tau$ ;

$k_0$  – количество абразивных зёрен, участвующих в процессе обработки;

$n$  – количество соударений абразивного зёрна с обрабатываемыми деталями за время  $\tau$ ;

$\mathcal{G}_{\text{срез}}$  – объем материала, удаляемого одним зёрном, м<sup>3</sup>.

В отличие от обработки связанным абразивом (шлифовании, хонинговании и т.д.), при струйно-абразивной обработке режущее зёрно в момент соударения с обрабатываемым материалом теряет скорость вплоть до нуля. Поэтому длина среза зависит от кинетической энергии движущегося зёрна: чем она больше, тем больше длина среза. Сравнивая кинетическую энергию

$W = \frac{m \cdot V_0^2}{2}$  с работой резания  $A = P_z \cdot l$ , определим длину среза зёрном

$$l = \frac{m \cdot V_0^2}{2 \cdot P_z}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса режущего зёрна, кг;

$V_0$  – скорость режущего зёрна в начале его соударения с обрабатываемым материалом, м/с;

$P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н.

В данном расчете предполагается, что толщина среза, а, следовательно, и тангенциальная составляющая силы резания  $P_z$  являются постоянными величинами. Из зависимости (2) вытекает, что увеличить длину среза  $l$  и соответственно производительность струйно-абразивной обработки можно увеличением  $m$ ,  $V_0$  и уменьшением  $P_z$ . Рассматривая тангенциальную составляющую силы резания в виде  $P_z = \sigma \cdot S$  (где  $\sigma$  – условное напряжение резания, Н/м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь поперечного сечения среза, м<sup>2</sup>), из зависимости (2) можно определить объем материала  $\mathcal{G}_{\text{срез}} = l \cdot S$ , снимаемого одним зёрном:

$$\mathcal{G}_{\text{срез}} = \frac{m \cdot V_0^2}{2 \cdot \sigma}. \quad (3)$$

Как видно, увеличить  $\mathcal{Q}_{\text{срез}}$  можно двумя путями: увеличением кинетической энергии движущегося зерна  $W = \frac{m \cdot V_0^2}{2}$  (за счет увеличения массы  $m$  и скорости  $V_0$  движущегося зерна) и уменьшением условного напряжения резания  $\sigma$  (энергоёмкости обработки). Параметр  $n$  выразим зависимостью

$$n = \frac{\tau}{\tau_0}, \quad (4)$$

где  $\tau_0 = \frac{2H}{V_0}$  – время между двумя последующими соударениями абразивного зерна с обрабатываемой деталью, с;

$H$  – расстояние от сопла до обрабатываемой детали, м;

$V_0$  – скорость движения абразивного зерна, м/с.

Подставляя зависимости (3) и (4) в (1), имеем

$$Q = \frac{k_0 \cdot m \cdot V_0^3}{4 \cdot \sigma \cdot H}. \quad (5)$$

Как видно, увеличить производительность обработки  $Q$  можно увеличением количества абразивных зерен  $k_0$ , массы зерна  $m$  и скорости его движения  $V_0$ , а также уменьшением условного напряжения резания (энергоёмкости обработки)  $\sigma$  и расстояния от сопла до обрабатываемой детали  $H$ . При этом наибольшее влияние на  $Q$  из всех входящих в зависимость (5) параметров оказывает скорость движения абразивного зерна  $V_0$ , т.к. она входит в зависимость в третьей степени и ее незначительное изменение приводит к существенному изменению производительности обработки  $Q$ .

**Результаты исследований.** Исходя из сказанного, основным направлением повышения производительности абразивной обработки деталей затопленными струями необходимо рассматривать увеличение скорости движения абразивного зерна  $V_0$  за счет применения эффективных технологических решений по управлению потоками движения абразивных зерен и обрабатываемых деталей. Следовательно, основной эффект абразивной обработки деталей затопленными струями состоит в возможности увеличения скорости движения абразивных зерен  $V_0$ . Вместе с тем, скорость движения абразивных зерен  $V_0$  в данном процессе обработки не задается, она является функцией параметров обработки, таких как объем загружаемого абразива, единичная и суммарная массы обрабатываемых деталей, объем заливаемой жидкости,

зернистость абразивного материала, содержание соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в жидкости и т.д.

Сущность данного процесса обработки заключается в том, что 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 [3], а также обеспечивалась сохранность внутренних поверхностей рабочей камеры. Обеспечение равномерного перемешивания обрабатываемых деталей и всестороннее воздействие абразивных зерен на их поверхности является важнейшим условием достижения высоких положительных результатов. Эффективностью процесса может быть утрачена из-за нарушения пропорций (баланса) между этими двумя факторами. Так, перемешивание, т.е. транспортировка деталей и абразивных зерен по замкнутой траектории внутри рабочей камеры с высокой скоростью противоречит условию достижения существенной разности скоростей между абразивными зёрнами и обрабатываемыми деталями. С другой стороны, интенсивное локальное воздействие зерен на обрабатываемые поверхности без должного перемешивания приведет к искажению геометрической формы отдельных деталей и неравномерной обработке партии.

Согласно зависимости (5), добиться увеличения производительности обработки  $Q$  от увеличения количества абразивных зерен  $k_0$ , очевидно, можно до определенного предела, поскольку дальнейшее увеличение  $k_0$  приведет к уменьшению производительности обработки  $Q$ . Следовательно, для эффективного ведения процесса обработки необходимо использовать оптимальное количество абразивных зерен  $k_0$ , при котором обеспечивается баланс двух движущихся потоков: обрабатываемых деталей и абразивных зерен.

Аналогичным образом можно установить влияние массы абразивного зерна  $m$  на производительность обработки  $Q$ , поскольку с изменением  $m$  происходит изменение скорости движения абразивного зерна  $V_0$ , что естественно ведет к изменению производительности обработки  $Q$ .

Таким образом показано, что влияние входящих в зависимость (5) параметров на производительность обработки  $Q$  в конечном итоге связано с изменением  $V_0$ . Те факторы, которые приводят к увеличению  $V_0$ , несомненно оказывают положительное влияние на увеличение производительности обработки  $Q$ . Поэтому вполне возможно, что изменение ряда параметров, входящих в зависимость (5), будет способствовать увеличению  $V_0$  и производительности обработки  $Q$ . Другие параметры, наоборот, будут снижать производительность обработки, хотя, исходя из зависимости (5), их увеличение предполагает увеличение  $Q$ . Из зависимости (5) также вытекает, что увели-

чение производительности обработки  $Q$  в связи с уменьшением  $\sigma$  предполагает осуществление процесса резания с уменьшающейся во времени толщиной среза, т.е. при обработке острых кромок заготовки, удалении заусенцев, уменьшении микронеровностей на обрабатываемой поверхности заготовки. Уменьшение  $\sigma$  предполагает также обработку материалов небольшой твердости и прочности, например, цветных металлов и т.д. [4].

Для оценки достоверности полученного теоретического решения проведены экспериментальные исследования объема снятого материала с обрабатываемых деталей (в граммах) с течением времени обработки (в минутах) путем взвешивания специально изготовленных контрольных образцов из листовой латуни ЛС 59-1 (предел прочности 294 МПа) и бериллиевой бронзы БрБ2 (предел прочности 588 МПа), рис. 1. Как видно, увеличение съема металла независимо от предела прочности материала происходит пропорционально времени обработки на протяжении всего периода, поэтому эффективность процесса с большой степенью точности можно характеризовать съемом металла. Установлено также, что следы абразивных частиц распределяются по поверхностям полированных контрольных образцов неравномерно: вдоль кромок более плотно, у центров граней - менее плотно.

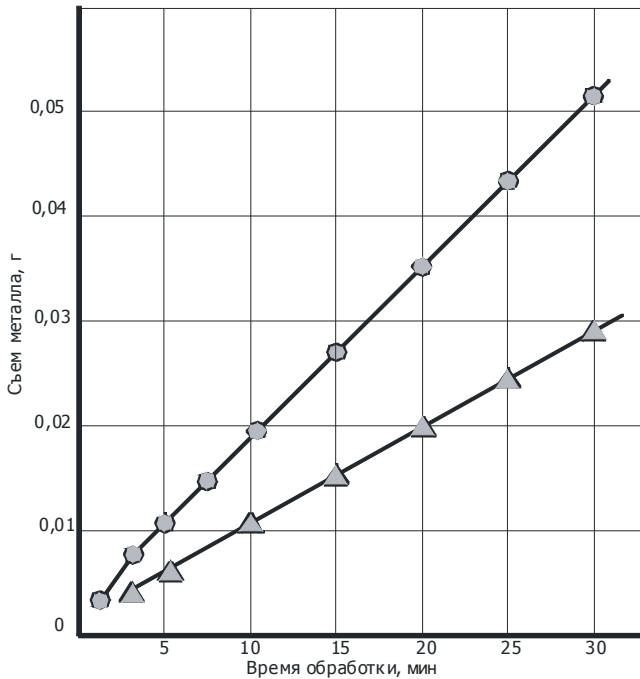


Рис. – Зависимость съема металла от времени обработки: о – образцы из латуни ЛС 59-1; Δ – образцы из бериллиевой бронзы Бр Б2

**Выводы.** Теоретически установлено, что основным условием повышения интенсивности съема материала при абразивной обработки деталей затопленными струями является увеличение кинетической энергии движущихся абразивных зерен за счет увеличения скорости их движения и зернистости абразива, а также обеспечения равномерного перемешивания обрабатываемых деталей и всестороннего воздействия зерен на их поверхности.

**Список литературы:** 1. *Кремень З.И.* Турбоабразивная обработка деталей сложного профиля / *З.И. Кремень, М.Л. Миссарский, В.З. Гузель.* – М.: НИИмаш, 1987. – 53 с. 2. *Проволоцкий А.Е.* Струйно-абразивная обработка деталей машин / *А.Е. Проволоцкий* – К: Техника, 1989. – 177 с. 3. *Андилахай А.А.* Абразивная обработка деталей затопленными струями / *А.А. Андилахай.* – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 190 с. 4. *Андилахай А.А.* Технологические возможности абразивной обработки деталей затопленными струями / *А.А. Андилахай* // Вісник НТУ "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – № 49. – С. 140-143.

*Поступила в редколлегию 4.06.2012*

УДК 621.923

**Условия повышения производительности абразивной обработки / А. А. Андилахай** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2012. – № 53(959). – С.42-47. – Бібліогр.: 4 назв.

У статті наведені результати досліджень продуктивності абразивної обробки деталей затопленими струменями. Показано, що основною умовою підвищення продуктивності є збільшення швидкості руху абразивних зерен при забезпеченні рівномірного перемішування оброблюваних деталей і всебічного впливу абразивних зерен на їхній поверхні. Експериментально встановлено, що збільшення знімання металу незалежно від межі міцності матеріалу відбувається пропорційно часу обробки.

**Ключові слова:** абразивна обробка, швидкість руху абразивного зерна, час обробки.

The results of research productivity abrasive machining submerged jets. It is shown that the main condition for increasing productivity is the increase in the velocity of the abrasive grains, while ensuring uniform mixing of processed de-hoists and full impact of the abrasive grains on their surface. It was established experimentally that the increase in metal removal, regardless of the ultimate strength of the material is proportional to the processing of time.

**Keywords:** abrasion, the velocity of the abrasive grain processing time.