

2. Вибропрессы для поперечного потокового виброударного зневоднення можна створити на базі інерційних вібропреса-молотів з гідроімпульсним приводом.

3. Використання цих машин дає змогу розв'язати актуальну задачу утилізації відходів харчових та переробних виробництв, крім цього, одержати цінну добавку до сільськогосподарських кормів або висококалорійне паливо та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

1. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В. Аналіз способів сепарування вологих дисперсних матеріалів та обладнання для їх реалізації // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Машинобудування. – Вып. № 57. – 2009. – С. 50 – 55. 2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1 / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; под ред. В. А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 703 с. 3. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій: моногр. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 291 с. 4. Іскович-Лотоцький Р.Д., Поліщук О. В., Севостьянов І. В. Обґрунтування ефективності застосування віброударних та вібраційних процесів в харчовій переробній промисловості // Вібрації в техніці та технологіях. – №3 (52), 2008. – С. 78 – 82. 5. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування: моногр. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 338 с. 6. Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д. Математичне моделювання процесів віброударного сепарування вологих дисперсних матеріалів // Вібрації в техніці та технологіях. – № 2 (51), 2008. – С. 39 – 45. 7. Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д. Визначення робочих параметрів процесів віброударного сепарування вологих дисперсних матеріалів // Наукові нотатки. Міжсвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка"). – Вып. 23 (листопад, 2008). – С. 282 – 292. 8. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, Б. Б. Некрасов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с. 9. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В. Экспериментальные исследования гидроимпульсного привода многокоординатного вибростенда // Вибрации в технике и технологиях. – 1996. – № 1(5). – С.19–21. 10. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В. Методика проектного розрахунку параметрів гідроімпульсного привода вібропреса // Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – № 5 (31). – С. 31–34. 11. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В. О динамике срабатывания запорного элемента вибровозбудителя гидроимпульсного привода // Вибрации в технике и технологиях. – 1998. – № 1 (5). – С. 22 – 25. 12. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1972. – 416 с.

УДК 621.924

А.А. СИРОТА, В.Я. МИЦЫК

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСНОЙ ОБРАБОТКИ УДАРНЫМ ГИДРОАБРАЗИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВОБОДНОЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

© Сирота А.А., Мицык В.Я., 2011

В современной металлообрабатывающей промышленности, в частности приборостроении, а также оптико-механическом и электротехническом производствах, особо актуален вопрос выполнения отделочно-зачистных операций в технологических процессах изготовления широкой номенклатуры деталей, имеющих различные габариты и сложную конфигурацию поверхности [1, 2].

Перечисленные операции в большинстве случаев выполняют вручную с применением средств малой механизации, что не обеспечивает требуемого качества продукции, отвлекает значительные людские ресурсы, а также противоречит санитарно-гигиеническим нормам современного производства и требованиям промышленной экологии [3].

Известно, что в отечественной и зарубежной практике для механизации отделочно-зачисной обработки рассматриваемой номенклатуры деталей применяют методы ударного гидроабразивного воздействия свободной рабочей среды на поверхности деталей, имеющих дефекты, приобретенные в процессе предшествующего формообразования. Априорно определен технологический результат операций гидроабразивной обработки деталей (рис. 1) [4].



Рис. 1. Технологический результат, достигаемый отделочно-зачисной гидроабразивной обработкой

Несмотря на широкое применение отделочно-зачисной обработки, сущность которой состоит в подаче абразивной суспензии через сопло (струйный аппарат) под высоким давлением, такая технология и её аппаратное оформление имеет существенный недостаток, состоящий в интенсивном износе сопел, через которые подается абразивная суспензия. Так, из практики металлообрабатывающих производств известно, что стойкость сопел струйных аппаратов, изготовленных из закаленной стали, составляет 8...12 ч, сопла из отбеленного чугуна пригодны к эксплуатации 16...25 ч, твердосплавные сопла выдерживают рабочую нагрузку в течении 40...50 ч [5].

Анализируя долговечность работы применяемых в оборудовании сопел для подачи абразивной суспензии, можно сделать вывод о том что, что существующие технологии не всегда экономически целесообразны, особенно в условиях массового типа производства.

Классифицируя применяемые в промышленности гидроабразивные установки с позиции подачи абразивной суспензии к струйному аппарату и на обрабатываемую деталь, можно выделить несколько конструкций установок (рис. 2) [6–9].

Комплекс экспериментальных исследований, осуществленных в НИЛ “ОСА” ВНУ им. В. Даля, а также в других научных подразделениях, показал, что одной из наиболее перспективных технологий обработки с использованием ударного гидроабразивного воздействия свободной рабочей среды является способ гидроабразивной обработки затопленными струями (ГОЗС) [10–12].



Рис. 2. Классификация конструкций гидроабразивных установок

Физическая сущность упомянутого способа отображена на рис. 3.

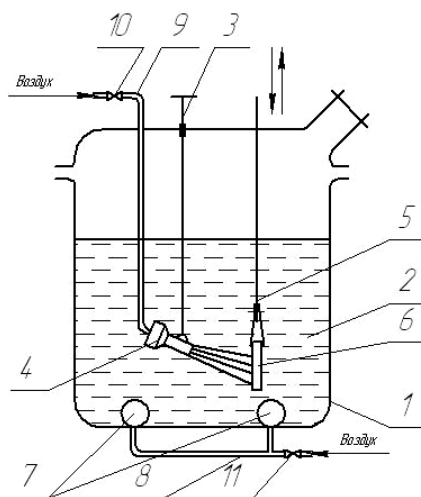


Рис. 3. Принципиальная схема гидроабразивной обработки затопленными струями

Технологическая емкость 1 открытого или закрытого типа на 70–80 % геометрического объема заполняется гидроабразивной суспензией 2 с возможностью обеспечения взвешенного состояния абразивных зерен. В емкости 1 с помощью специального установочного приспособления 3 смонтирован представленный в виде эжекционного сопла струйный аппарат 4, относительно которого на манипуляторе 5 определенным образом закреплена обрабатываемая заготовка 6. Достигают требуемого результата обработки поверхности заготовки с помощью микрорезания и упругопластического деформирования при динамическом давлении направленной струи гидроабразивной суспензии, истекающей из струйного аппарата.

Ускорение и формирование струи барботирующей гидроабразивной суспензии осуществляется под воздействием сжатого воздуха, пропускаемого через струйный аппарат и за счет эжекции засасывающего абразивную суспензию непосредственно из содержимого технологической емкости. Абразив в суспензии приводится во взвешенное состояние при помощи барботажной системы 7, питаемой, как и струйный аппарат, от одного источника сжатого воздуха, подаваемого по гибким трубопроводам 8,9, с дросселями 10,11 регулируемыми давление воздуха.

Очевидно, что ГОЗС имеет существенные технологические, конструктивные и экологические преимущества перед известными способами струйно-абразивной обработки, а именно:

- гидроабразивная суспензия приготавливается в той же технологической емкости, в которой непосредственно обрабатывают детали;
- при реализации технологии ГОЗС обработки не надо применять специальные пульпопроводы и пульпопроводы для нагнетания и транспортирования суспензии к струйным аппаратам, что в 1,4...1,6 раз повышает долговечность работы оборудования;
- схема технологии и оборудования ГОЗС предусматривает использование упрощенной барботажной системы, имеющей промышленные аналоги;
- использование ГОЗС позволяет осуществлять безпыльное производство, так как зона обработки расположена под слоем суспензии.

Вполне понятно, что эффективность процесса ГОЗС можно оценить количественно, т.е. съемом материала с единицы площади поверхности в единицу времени и качественно – достигаемой шероховатостью обрабатываемой поверхности. Чем больше величина удельного съема материала, а также чем быстрее достигается требуемая шероховатость поверхности, тем выше производительность процесса при оценке эффективности ГОЗС.

Во время гидроабразивной обработки на обрабатываемую поверхность воздействуют струей суспензии, состоящей из жидкости и абразивных зерен. Здесь жидкость используется как энергоноситель для доставки абразивных зерен к обрабатываемой поверхности, а также для придания им ускорения при достижении скоростей, необходимых в процессе микрорезания.

С целью выявления основных факторов процесса ГОЗС в литературных источниках рассмотрен механизм процесса на примере работы единичного абразивного зерна. Большинство исследований подтверждают, что при гидроабразивном воздействии возможны три случая изнашивания материала, а именно микрорезание, пластическое оттеснение и упругое оттеснение. Интенсивность изнашивания поверхности, т.е. ее обработка, в первую очередь определяется скоростью абразивного зерна в струе энергоносителя, массой зерна, количеством зерен в струе, а также углом, под которым струя энергоносителя сталкивается с изнашиваемой поверхностью [6; 11–14].

При разработке технологических процессов ГОЗС актуальным является вопрос определения съема материала с обрабатываемой поверхности. В работе [2] съем металла при ГОЗС определен таким выражением:

$$G_{\Sigma} = \frac{k k_U \pi \alpha Q \rho_1 \rho_2 D U_4^3 L^2 \operatorname{tg}^2 \beta (1 - k_T) T}{2 H_{\text{дин}}}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, характеризующий вид износа; $k_U = 0,121$ – безразмерный коэффициент; D – характерный размера абразивной частицы; U_4 – скорость соударения частицы с поверхностью; ρ_1, ρ_2 – плотности материалов частицы и детали; $H_{\text{дин}}$ – динамическая твердость металла по Майеру; Q – концентрация абразивных частиц в единице объема гидроабразивной суспензии; α – коэффициент, учитывающий межзерновое пространство частиц абразива; β – угол наклона внешних границ струи к ее оси; L – длина струи; k_T – коэффициент газосодержания струи; T – время обработки.

Анализ полученной зависимости показывает, что для ее практического использования необходимы экспериментальные исследования по определению количественных значений величин k, k_T, U_4, β . Значения величин k_T, U_4, β в значительной степени зависят от геометрических характеристик используемого при ГОЗС струйного аппарата, а коэффициент k , характеризующий вид износа, – только от обрабатываемого материала. По данным работы [7], в зависимости от вида износа, коэффициент k изменяется в таких пределах: при микрорезании 10^{-1} – $2 \cdot 10^{-2}$, при пластическом оттеснении 10^{-3} – 10^{-4} и при упругом оттеснении 10^{-6} – 10^{-7} .

В работах [15, 16] приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию геометрических параметров струйных аппаратов на эффективность ГОЗС. Во время цикла исследований определены значения $k_{\text{и} \beta}$ для наиболее рациональных конструкций струйных аппаратов.

В работе [17] приведены результаты экспериментальных исследований по определению скорости абразивных частиц в струе, формируемой выбранным на основании предварительных исследований струйным аппаратом, а также определены численные значения коэффициентов k для материалов, наиболее часто подвергаемых на практике гидроабразивной обработке.

Скорости измеряли на давлениях сжатого воздуха 0,1...0,5 МПа (с шагом 0,1 МПа) при истечении в различные среды: воздух, воду и суспензию с объемной концентрацией абразива в воде 1:10, 1:5, 1:3.

Результаты измерений представлены на рис. 4.

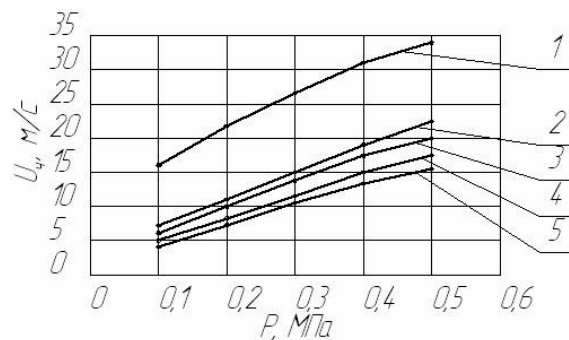


Рис. 4. Зависимость скорости абразивных частиц ($U_{\text{ч}}$) от давления сжатого воздуха (P) при истечении струи в различные среды: 1 – на воздухе, 2 – в воде, 3 – в суспензиях с объемными концентрациями абразива в воде 1:10, 1:5, 1:3

Таблица 1

Результаты исследований по обрабатываемости материалов ГОЗС

Наименование обрабатываемого материала	Сталь 45	Сталь 08КП	Сталь X18H9T	Чугун СЧ 25	Медь	Легуны Л63	Алюминий А7	Дюралюмин Д16	Свинец	Олово	Текстолит	Гетинакс
k	0,023715	0,012549	0,010594	0,121457	0,030733	0,021353	0,044604	0,037651	0,00502	0,005033	0,246512	0,038904

Анализ результатов показывает, что для большинства исследованных материалов характерен такой вид износа, как микрорезание (k в пределах $10^{-1} - 2 \cdot 10^{-2}$), а для свинца и олова – пластическое отгеснение (k в пределах $10^{-3} - 10^{-4}$).

Также в работах [6–8] указаны экспериментальные данные зависимости производительности ГОЗС от различных технологических и конструктивных параметров, таких как давление подводимого к струйным аппаратам сжатого воздуха, конструкция и размеры струйных аппаратов, расстояние от струйного аппарата до обрабатываемой поверхности, материал и зернистость абразива, концентрация абразива в суспензии, угол атаки гидроабразивной струи и др. Вместе с тем можно предположить, что указанные экспериментальные данные обладают недостаточной

полнотой, иногда они противоречивы, т.к. получены на установках различных конструкций и по различным методикам. Все это не позволяет с достаточной для практики достоверностью сравнивать полученные результаты и использовать их в рекомендациях по проектированию необходимой технологии и оборудования.

Таким образом, создание новых прогрессивных технологий и оборудования ГОЗС широкой номенклатуры деталей, имеющих различные габариты и сложную конфигурацию поверхности, требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

1. Сілін Р.І., Гордєєв А.І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора. – Хмельницький: ХНУ 2007. – 386 с. 2. Цыгановский А. Б. Производительность гидроабразивной обработки затопленными струями / А.Б. Цыгановский // Збірник наукових праць Східноукраїнського державного університету. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми електронної промисловості у перехідний період”. – Луганськ, СУДУ, 1998. – С. 48–51. 3. Очистка. Окраска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oo2.ru/archive/2006/1>. 4. Кулаков Ю.М., Хрульков В.А. Отделочно-зачисная обработка деталей. – М: Машиностроение, 1979. – 216 с. 5. Андилахай А.А. Абразивная обработка деталей затопленными струями / А.А. Андилахай. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 190 с. 6. Билик Ш.М. Абразивно-жидкостная обработка металлов / Ш.М Билик. – М.: Машиностроение, 1960. – 198 с. 7. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин / А.Е. Проволоцкий. – К.: Техника, 1989 – 177 с. 8. J.Kaczmarek, J.Sikora, Cz.Czyzewicz. Obrobka stryjmiowo-scierna. – Warszawa, Wydawnictwa naukowo-techniczne, 1963. – 156. 9. Пичко А.С. Струйно-абразивная обработка внутренних поверхностей труб // Технология, организация и механизация кузнечно-прессового и заготовительного производства. – № 4. – М.: НИИинформтяжмаш, 1970. 10. Цыгановский А.Б. Технологические возможности гидроабразивной обработки затопленными струями /А.Б. Цыгановский // Вибрации в технике и технологиях. – 2010. – № 2(58). – С. 205–215. 11. Довнар С.А. Новые методы струйно-абразивной обработки металлов / С.А. Довнар // Докл. АН БССР. – 1961. – Т. 5. – № 4. – С. 173–176. 12. А.с. 207768 СССР, МКИ В 24 В. Способ гидроабразивной обработки / В.К. Агафонов (СССР). – № 1064466/25-8; Заявл. 28.03.1966 Оpubл. 22.12.1967, Бюл. № 1. 13. А.с. 1217635 СССР, МКИ В 24 В 31/02. Установка для центробежной обработки изделий / А.Б. Цыгановский, Ю.Н. Букаранов, М.Е. Шаинский, В.Н. Краснухин, И.М. Бурдыко, Ю.М. Синайский; Ворошиловградский машиностроительный институт (СССР). – № 3730882/25-08; Заявл. 24.02.84 Оpubл. 15.03.86, Бюл. № 10. 14. А.с. 1087319, МКИ В 24 С 5/04. Сопло для абразивной обработки внутренних поверхностей деталей / М.В. Трубиных. – № 3502193/25-08; Заявл. 22.10.82 Оpubл. 23.04.84, Бюл. № 15. 15. Цыгановский А.Б. Исследования по гидроабразивной очистке деталей нефтяного насоса / А.Б. Цыгановский // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – № 3 (15). – С. 47–50. 16. Цыгановский А.Б. О влиянии геометрических характеристик струйных аппаратов на производительность гидроабразивной обработки затопленными струями / А.Б. Цыгановский // Вопросы вибрационной технологии. Ростов-на-Дону, ДГТУ. – 2003. – С. 109 – 112. 17. Цыгановский А.Б. Экспериментальное определение скорости абразивных частиц в затопленной гидроабразивной струе / А.Б. Цыгановский // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім В.Даля, 2008. – С. 92 – 97.