

## ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ СТРУЙНЫМИ МЕТОДАМИ

**С. Н. ПОЛЯНСКИЙ,**

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, компания «Инновационные технологии»,

**С. В. БУТАКОВ,**

кандидат технических наук, доцент,

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,

**В. А. АЛЕКСАНДРОВ,**

кандидат технических наук, доцент, Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 8 (343) 221-41-40),

**И. С. ОЛЬКОВ,**

старший преподаватель,

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

(620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; e-mail: bsv\_53@mail.ru)

**Ключевые слова:** поверхность, струйно-абразивная технология, обработка поверхности, гидроабразивная обработка, производительность, расход воздуха.

Известные методы обработки поверхности, такие как пескоструйная, дробеструйная, не обеспечивают необходимого качества. Размеры абразивных частиц при обработке этими методами находятся в пределах 0,3–3 мм, в результате шероховатость поверхности после обработки получается не выше 3,2 мкм, возникает наклеп поверхностных слоев материала деталей. К отрицательным факторам можно отнести и то, что крупные частицы забивают мелкие поверхностные дефекты, и в результате затрудняется их диагностирование. Традиционные способы подготовки поверхностей заготовок в последнее время уступают место новым технологиям обработки. В частности, применяются современные струйные технологии обработки поверхности, позволяющие сократить до минимума применение химических реагентов. Предлагается проводить обработку поверхностей методом гидроабразивной обработки. Процесс обработки поверхности заготовки заключается в воздействии направленной струи пульпы (суспензии), состоящей из смеси абразивных частиц и воды, разгоняемых сжатым воздухом на обрабатываемую поверхность. Разрушение загрязнений под действием струи является по существу эрозионным процессом. Струйно-абразивные технологии позволяют очистить поверхность металлов и неметаллов от органических и неорганических загрязнений, придать поверхности новые адгезионные свойства, обеспечить требуемую шероховатость, улучшить внешний вид изделия, создать поверхностный слой сжимающих напряжений и т. д. Предлагаемая технология отличается универсальностью, технологической гибкостью, совместимостью с существующими технологическими процессами. Проведены экспериментальные исследования по определению влияния основных технологических факторов при струйной обработке листов из горячекатаной стали (давления воздуха в сопле, расхода воздуха на производительность при струйной очистке поверхности), представлены графические зависимости полученных результатов обработки от параметров технологических режимов. В качестве абразивного материала использовался гранатовый концентрат. Установлено, что с повышением давления и расхода воздуха производительность процесса очистки растет.

## TREATMENT OF SURFACE BY STREAM METHODS

**S. N. POLYANSKY,**

candidate of technical sciences, leading research worker, the company “Innovative Technologies”,

**S. V. BUTAKOV,**

candidate of technical sciences, associate professor,

Ural Federal University of the first President of Russia B. N. Yeltsin,

**V. A. ALEXANDROV,**

candidate of technical sciences, associate professor, Ural State Agrarian University

(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg; tel.: +7 (343) 221-41-40),

**I. S. OLKOV,**

senior lecturer, Ural Federal University of the first President of Russia B. N. Yeltsin

(19 Mira Str., 620002, Ekaterinburg; e-mail: bsv\_53@mail.ru)

**Keywords:** surface, abrasive blast technology, surface treatment, water jet processing, productivity, air flow.

Known methods for surface treatment such as sand blasting, shot peening do not provide the required quality. Size of abrasive particles during handling of these methods are within 0.3–3 mm, resulting in a surface roughness after processing produces no higher than 3.2 micrometers, there is hardening of the surface layers of the parts. Negative factors include the fact that the large particles clog the small surface defects and as a result their diagnosis became difficult. Traditional methods of surface preparation of blanks lately giving way to new treatment technologies. In particular, modern inkjet technology of surface treatment is using, which minimizes the use of chemicals. We propose to carry out surface treatment by waterjet treatment. Processing the workpiece surface is exposed directed jet of pulp (slurry) consisting of a mixture of abrasive particles and water accelerated by compressed air onto the surface. Destruction of contaminants under the action of the jet is substantially erosive process. Chip technology allows to clean the surface of the metal and nonmetal of organic and inorganic contaminants, to give the new surface adhesion properties, provide the required surface roughness, to improve the appearance of products, to create a surface layer of compressive stress, etc. The proposed technology is versatile, has technological flexibility, compatibility with the existing process. Experimental studies on the influence of the main technological factors during blasting of hot-rolled steel sheets (the air pressure in the nozzle, the air flow performance when blasting the surface) are performed, graphical functions of received processing results of the parameters of technological regimes are presented. As an abrasive pomegranate concentrate used. It was found that with increasing pressure and airflow performance of the cleaning process is growing.

Положительная рецензия представлена Е. Е. Баженовым, доктором технических наук, профессором Уральского государственного лесотехнического университета.



Повышенное внимание к состоянию поверхности обуславливают не столько требования к внешнему виду изделий, сколько параметры, определяющие служебные и эксплуатационные характеристики деталей (коррозионная стойкость, износостойкость, усталостные свойства, пластичность и т. д.).

Доля затрат на операции обработки поверхности составляет не менее 10 % затрат от общей стоимости изготовления деталей массового производства, а в ряде производств, в частности на предприятиях авиационной промышленности, эти затраты достигают 40 %.

Традиционные методы решения задач обработки поверхности связаны с применением химических реагентов. Большинство применяемых реагентов экологически небезопасно: использование хлор-углеводородов запрещено с 2001 г., пожаро-взрывоопасные растворители резко ограничивают и запрещают в массовом производстве. Санитарно-гигиенические и природоохранные службы требуют обязательного применения систем регенерации и утилизации промывных вод, отработанных травильных растворов, шламов и газов. Широко используемая технология пескоструйной обработки – обдув обрабатываемой поверхности сжатым воздухом с примесью абразива – тоже имеет ряд недостатков. В зависимости от состояния обрабатываемой поверхности размер абразивных зерен выбирается в пределах 0,25–2 мм, рабочее давление воздуха при обработке – 6–12 бар. Однако при такой обработке невозможно вскрыть мелкие поры и скрытые дефекты, которые могут быть центрами возникновения коррозии. Кроме того, в процессе обработки возникает большое количество мелкой абразивной пыли, вредной для органов дыхания.

Комплексное решение экологических и экономических задач требует совершенствования существующих и внедрения новых технологий обработки поверхности. В последние годы используются струйно-

абразивные технологии обработки поверхности, позволяющие сократить до минимума применение химических реагентов и расширить технологические возможности [1]. Струйно-абразивные технологии позволяют решить ряд задач, возникающих при обработке поверхности изделий:

- очистка поверхности металлов и неметаллов от органических и неорганических загрязнений (окалина, ржавчина, нагар, накипь, жировые и масляные пленки, лаки, краски и т. п.) [2, 3, 4];

- придание поверхности новых адгезионных свойств (паяемость, свариваемость, увеличение сил сцепления покрытий с поверхностью, пассивация поверхности);

- изменение микрорельефа поверхности с целью его упорядочения;

- забивка или вскрытие микродефектов, облагораживание внешнего вида изделия (повышение стойкости к коррозии);

- создание поверхностного слоя сжимающих напряжений (повышение усталостных характеристик).

Суть метода гидроабразивной обработки заключается в воздействии на обрабатываемую поверхность струи сжатого воздуха, смешанного с суспензией, состоящей из смеси воды и абразивного порошка определенной концентрации. Рабочее давление воздуха – до 10 бар. Различают установки инжекционные, а также с принудительной подачей суспензии в смесительную камеру. Способ имеет большие технологические возможности. Гидроабразивные технологии использовались нами для очистки поверхности от старых лакокрасочных покрытий (рис. 1), следов коррозии, окислов (рис. 2), окисных пленок (рис. 3), нефтебитумных и других загрязнений, удаления дефектных слоев, заусенцев, матирования поверхности и т. д. [5, 6]. В отличие от пескоструйной обработки в процессе очистки количество взвешенной пыли незначительно, поэтому можно использовать в качестве абразива шлифпорошки и микрошлифпорошки.



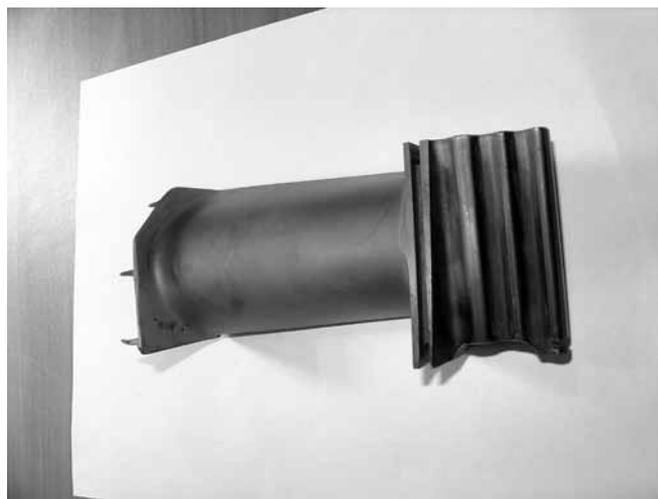
Рис. 1. Очистка поверхности металлоконструкций от застарелого лакокрасочного покрытия



Рис. 2. Очистка поверхности металлоизделий от окислов



а



б

Рис. 3. Очистка поверхности турбинных лопаток (состояние поверхности: а – до обработки, б – после обработки)

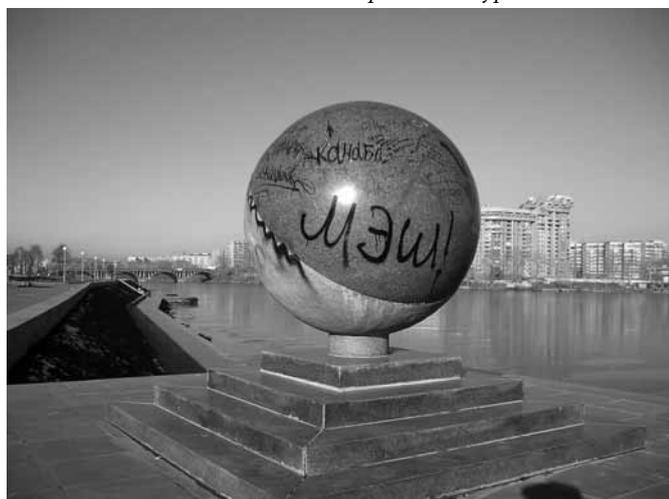


Рис. 4. Удаление загрязнений с поверхностей архитектурного комплекса

Предлагаемая технология отличается универсальностью (возможностью применения в различных отраслях: от аэрокосмической до пищевой промышленности), технологической гибкостью, совместимостью с существующими технологическими процессами, конструкция оборудования не требует применения уникальных элементов.

Метод многофункционален. Несложным изменением технологических параметров процесса достигаются новые эффекты. Так, технология позволяет изменять микрорельеф и производить нагартовку основного материала детали или удалять покрытия без повреждения и наклепа основного материала детали, удалять покрытия послойно и вымывать загрязнения из микротрещин и пор, ликвидируя центры будущей коррозии. Посредством добавления химических реагентов производят активацию или пассивацию поверхности. Кроме обработки металлических изделий данный метод получает распространение и для очистки поверхностей архитектурных сооружений (рис. 4).

Способ экологичен, пожаровзрывобезопасен, токсичные выделения отсутствуют. Материал технологической среды можно использовать многократно.

В качестве материала технологической среды применяют дешевые минеральные материалы, в том числе отходы промышленности.

Влияние технологических факторов процесса гидроабразивной обработки на показатели качества обработанной поверхности заготовок из разных материалов, оценка геометрических параметров поверхности, обоснование оптимальных технологических режимов обработки изучались в работах [7, 8, 9]. Нами были проведены экспериментальные работы по удалению одного из самых сложных загрязнений поверхности – окалина на горячекатаных заготовках из углеродистых сталей и определению влияния технологических факторов на процесс струйной обработки поверхности. В качестве образцов использовались листы горячекатаные из стали углеродистой обыкновенного качества Ст 3 ГОСТ 380-2005. Оценивали влияние основных технологических режимов: расхода воздуха и давления воздуха в сопле на производительность струйной обработки поверхности.

В качестве абразивного материала использовался гранатовый концентрат с зернистостью 80–100 мкм, концентрация суспензии (объемная) ~20 %, расход

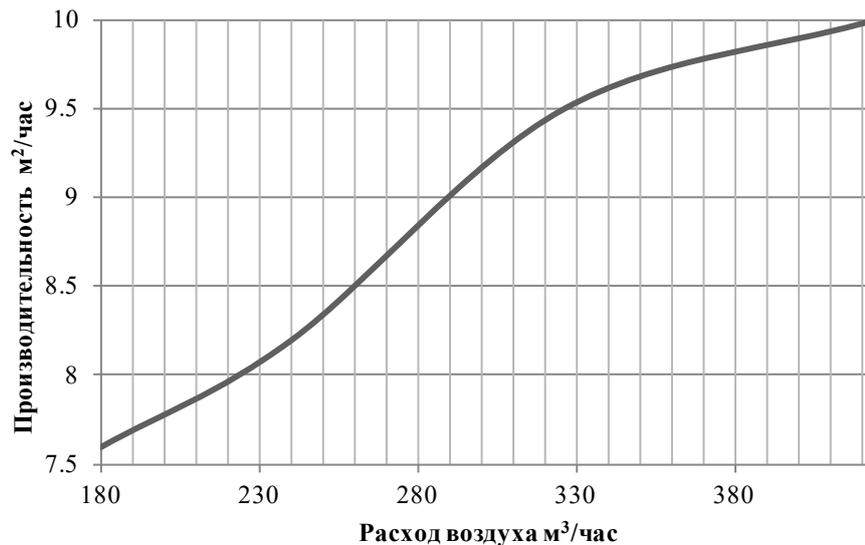


Рис. 5. Зависимость производительности от расхода воздуха при давлении 7 бар

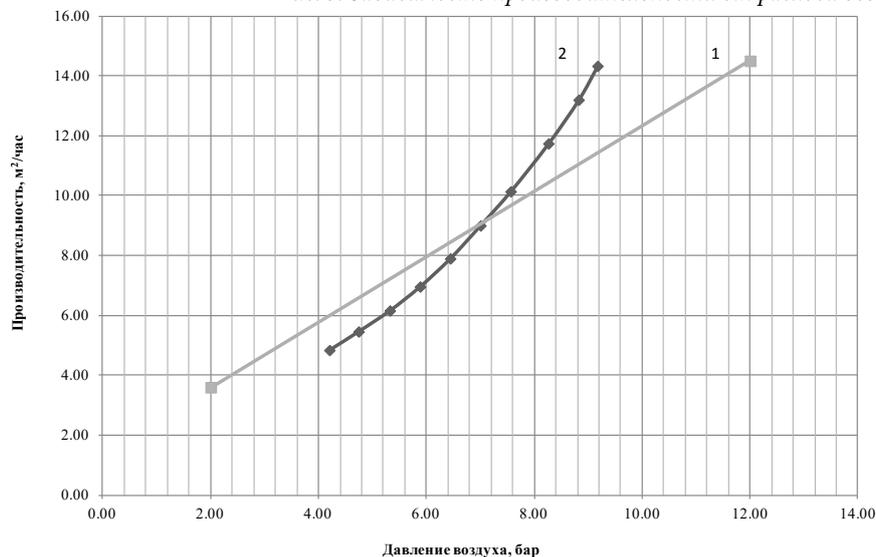


Рис. 6. Зависимость производительности от давления воздуха при расходе воздуха 370–380 м³/ч: 1– теоретическая зависимость; 2– экспериментальная кривая

~200 л/ч. Степень очистки ( $Sa_3$ , ISO8501-01) контролировалась визуально.

Результаты экспериментов представлены на рис. 5 и 6.

Таким образом, результаты исследования показали, что производительность процесса очистки поверхности зависит от рассмотренных технологи-

ческих режимов. С увеличением давления и расхода воздуха производительность растет, вместе с тем для определения оптимальных параметров процесса необходимо оценить также влияние зернистости абразивного материала, концентрации суспензии, скорости взаимного перемещения сопла и заготовки на шероховатость обработанной поверхности.

### Литература

1. Потапов В. А. Струйная обработка: состояние и перспективы развития в Европе и мире // Вестник машиностроения. 1996. № 1. С. 26–30.
2. Тихонов А. А. Исследование процесса гидроабразивной обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 10.
3. Читирай Пон Селван М., Моана Сандара Раджу Н. Анализ шероховатости поверхности гидроабразивной резки чугуна // Международный журнал науки, охраны окружающей среды и технологии. 2012. Т. 1. № 3. С. 174–182.
4. Читирай Пон Селван М., Моана Сандара Раджу Н. Выбор параметров процесса гидроабразивной резки меди // Международный журнал передовых инженерных наук и технологий. 2011. Т. 7. Вып. 2. С. 254–257.
5. Полянский С. Н., Бутаков С. В., Александров В. А., Ольков И. С. Струйная гидроабразивная обработка поверхности в машиностроении и ремонтном производстве // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. Ч. 1. С. 138–142.

6. Полянский С. Н., Бутаков С. В., Александров В. А. Гидроабразивная очистка поверхности // Инновационно-промышленный форум. Секция 1. Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий. Секция 2. Ремонт. Восстановление. Реновация : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Уфа : Башкирский ГАУ, 2010. С. 52–54.
7. Шпилев В. В., Решетников М. К. Влияние факторов гидроабразивной резки на шероховатость обработанной поверхности, ее твердость, овальность и конусообразность // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 2. Вып. 2. С. 160–163.
8. Тарасов В. А., Полухин А. Н. Оценка геометрических параметров формируемой поверхности при гидроабразивной обработке // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2012. № 1. С. 107–116.
9. Полянский С. Н., Бутаков С. В., Александров В. А. Обоснование оптимальных технологических режимов обработки поверхности методом ГАО при ремонте сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11. С. 49–51.

#### References

1. Potapov V. A. Stream treatment: the state and prospects of development in Europe and world // Bulletin of Mechanical Engineering. 1996. № 1. P. 26–30.
2. Tihonov A. A. Investigation of the process of hydroabrasive machining // Strengthening technologies and Coatings. 2011. № 10.
3. Chithirai Pon Selvan M., Mohana Sundara Raju N. Analysis of surface roughness in abrasive waterjet cutting of cast iron // International Journal of Science, Environment and Technology. 2012. Vol. 1. № 3. P. 174–182.
4. Chithirai Pon Selvan M., Mohana Sundara Raju N. Selection of process parameters in abrasive waterjet cutting of copper // International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies. 2011. Vol. 7. Iss. 2. P. 254–257.
5. Polanski S. N., Butakov S. V., Aleksandrov V. A., Olkov I. S. Waterjet surface treatment in engineering and repair production // The Works of State Scientific-Research Technological Institute. 2012. Vol. 109. Part.1. P. 138–142.
6. Polanski S. N., Butakov S. V., Aleksandrov V. A. Waterjet surface cleaning // Innovative-Industrial Forum. Section 1. Current trends in the technologies of metal structures and metal-working machines and products components. Section 2. Repair. Recovery. Renovation: proceedings of the scientif.-pract. conf. Ufa : Bashkir State Agrarian University, 2010. P. 52–54.
7. Shpilev V. V., Reshetnikov M. K. Impact of on waterjet cutting roughness of the machined surface, its hardness, oval and conical // Bulletin of Saratov State Technical University. 2011. № 2. Iss. 2. P. 160–163.
8. Tarasov V. A., Poluhin A. N. Assessment of geometrical parameters formed at the surface of the waterjet processing // Bulletin of Bauman Moscow State Technical University. Series “Mechanical Engineering”. 2012. № 1. P. 107–116.
9. Polyansky S. N., Butakov S. V., Aleksandrov V. A. Substantiation of optimum technological modes of surface treatment by HAT method at repair of agricultural machinery // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 11. P. 49–51.