

*Е. А. Фролов, д.т.н., проф.,
С. И. Кравченко, к.т.н., доц.,
О. В. Бондарь, аспирант*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

На основании анализа применяемых методов повышения эксплуатационных характеристик ответственных деталей и изделий машиностроения установлен наиболее эффективный метод упрочнения поверхностных слоёв деталей строительных машин, оборудования и специальной технологической оснастки. Определены конкретные мероприятия по исследованию и успешному внедрению технологии в производство.

***Ключевые слова:** упрочняющие покрытия, газодетонационное напыление, технологическое оснащение, эксплуатационные характеристики, технология.*

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами. В современном машиностроении, автомобилестроении, станкостроении и других отраслях современных производств особое место занимают технологии, связанные с приданием рабочим поверхностям деталей машин и инструментальным материалам необходимых свойств, обеспечивающих повышенные их эксплуатационные характеристики.

В последнее время у нас и за рубежом такие технологии выделены в отдельную область знаний, которая носит название «инженерия поверхности». Спектр вопросов, затрагиваемых инженерией поверхности, настолько широк, что охватывает практически все технические науки, связанные со свойствами поверхностных слоев и разработкой оборудования, которое применяется для упрочнения поверхности изготавливаемых деталей, а также для ремонта изделий.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья. Среди множества методов придания поверхности особых свойств в отдельную группу выделяются методы, позволяющие получать на рабочей поверхности детали слой покрытия определенного функционального назначения. Эти методы рассмотрены в источниках [1–9]. Из наиболее заслуживающих внимания методов является детонационно-газовый, который по общепринятой классификации принадлежит к группе газотермических методов нанесения покрытий. Такие методы отличаются наиболее высокой

прочностью сцепления, широким диапазоном достижимой пористости и практически универсальны с точки зрения применяемых материалов покрытий и обрабатываемых деталей.

Металлообработка характеризуется дальнейшим увеличением значений скорости резания и ужесточением условий работы деталей машин, технологической оснастки и инструмента. В связи с этим, все большую остроту приобретает проблема повышения физико-механических свойств их рабочих поверхностей, наиболее важными из которых являются износостойкость, стойкость против действия пластической деформации, теплостойкость, твёрдость, жаропрочность, жаростойкость и т.д.

Ни один из конструкционных материалов не обладает одновременно всеми этими свойствами в нужной степени.

Формулирование целей статьи (постановка задачи). Используя детонационно-газовый метод нанесения покрытия, получить на рабочих поверхностях изделий эксплуатационный слой с предварительно заданными физико-механическими свойствами.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов. Для деталей конструкций машин и техники, работающих в условиях трения, износа, ударных и динамических нагрузок, наиболее эффективным, по нашему мнению, является газодетонационное упрочнение поверхности деталей, которое хорошо в настоящее время зарекомендовало себя при упрочнении режущего инструмента, штамповой оснастки, в узлах газотурбинных установок, двигателях внутреннего сгорания и т.д. Для нанесения покрытия детонационно-газовым методом могут быть использованы практически любые материалы: от полимеров до тугоплавкой керамики, а также любые металлы и сплавы. Размер частиц порошка, который применяется для нанесения покрытий, обычно лежит в пределах 5...100 мкм в зависимости от материала порошка и требуемых параметров пористости покрытий. Важной особенностью газотермического метода является то, что для нанесения покрытий могут быть использованы порошки, полученные из отходов основного производства предприятий: металлической стружки или очищенного шлама путём диспергирования на механических мельницах типа шаровых или атриторах, а также другими методами.

Особенностью детонационно-газового метода является то, что при нанесении покрытий частицы обладают чрезвычайно высокой кинетической энергией, что определяет уровень прочности покрытий, на порядок превышающий прочность сцепления покрытий, полученных другими газотермическими и газозлектрическими методами. Прочность детонационных покрытий может достигать величин 180 МПа и более, в зависимости от материала покрытия и детали. По той же причине детонационные покрытия имеют минимальную пористость — менее 0,1%.

Для сравнения газопламенные покрытия имеют минимальную пористость около 10%, а плазменные — около 2%.

Поскольку процесс нанесения детонационных покрытий является комплексным, то, как правило, при формировании покрытия не происходит нагрева детали свыше 250 °С; следовательно, процесс исключает коробления детали, структурные и фазовые превращения её материала, что не всегда обеспечивается другими методами.

Наиболее эффективным направлением при создании высокопроизводительного режущего инструмента в мировой и отечественной практике является нанесение на его рабочие поверхности износостойких покрытий из тугоплавких соединений [10, 11]. Покрытия, полученные на основе карбидных, нитридных и других соединений тугоплавких металлов, позволяют повысить поверхностные характеристики конструкционного материала — износостойкость, теплостойкость, сопротивление окислению и физико-механическому воздействию с обрабатываемым материалом и др.

Применение износостойких покрытий позволило получить инструментальный материал, сочетающий в себе прочность, вязкость подложки с износостойкостью, высокой твёрдостью поверхности и др. Это дало возможность резко уменьшить адгезионные, абразивные, коррозионно-силовые нагрузки на инструмент в процессе работы.

Таким образом, разработка и широкое внедрение прогрессивного метода газотермического детонационного напыления с получением на рабочих поверхностях изделий эксплуатационного слоя с предварительно заданными физико-механическими характеристиками, обеспечивающими оптимальные условия эксплуатации, стало основным направлением работы в процессе повышения сроков службы изделий при их поставке на производство, так как он обладает рядом преимуществ:

1) прочность сцепления покрытий с изделием достигает от 180 до 360 МПа, что на порядок выше, чем у покрытий, нанесенных другими методами, и позволяет применить их для упрочнения и восстановления деталей, работающих в экстремальных условиях при воздействии больших контактных и ударных нагрузок;

2) толщина наносимого слоя лежит в пределах 0,2–0,6 мм;

3) температура детали при напылении зависит от её размеров, не превышает 530 °К, что соответствует низкому отпуску. Ввиду малой продолжительности процесса напыления, температурное воздействие незначительное;

4) возможность плавного и устойчивого регулирования параметров процесса в широких диапазонах позволяет для каждого материала установить наиболее оптимальные режимы напыления;

5) применение мелкодисперсных композиционных материалов для напыления позволяет формировать покрытия с шероховатостью от 10 до

20 мкм, что в некоторых случаях не требует дополнительной механической обработки;

б) высокая энергия продуктов детонации, ускоряющая частицы, повышающая их температуру, позволяет формировать покрытия из тугоплавких материалов не только на металлических деталях с твёрдостью поверхности 60 HRC₃ и выше, но и на неметаллических материалах (стекло, керамика, дерево, картон и др.).

Однако при всех имеющихся достоинствах и высокой экономической эффективности рассмотренного метода он пока не нашел должного применения в различных отраслях промышленности. По нашему мнению, существуют, как минимум, три причины, объясняющие сложившуюся ситуацию.

Во-первых, детонационный метод и его возможности малоизвестны широкому кругу специалистов (как конструкторов, так и технологов), работающих в различных отраслях машиностроения.

Во-вторых, серьезной причиной недостаточно широкого применения технологии нанесения рассмотренного покрытия является устоявшееся мнение о чрезвычайно высокой его себестоимости и стоимости самого оборудования, поскольку это покрытие применялось в основном в оборонной промышленности, авиадвигателестроении и ракетостроении.

Третья причина того, что эта технология и оборудование мало применяется в машиностроении, – это отсутствие систематизированных данных о свойствах покрытий, вызывающее серьезные проблемы выбора материалов покрытий и, собственно, самого метода упрочнения и восстановления изделий. Широкий круг конструкторов и технологов-машиностроителей также не владеет методикой расчёта физико-механических свойств получаемых покрытий.

Изложенные раньше сведения о детонационно-газовом методе нанесения покрытий свидетельствует о том, что в силу специфических свойств наносимых покрытий и условий эксплуатации восстанавливаемых деталей, каждый из них найдет своё применение при ремонте и упрочнении деталей строительных машин, оборудования и сопутствующего технологического оснащения. Сравнительные характеристики газотермических методов подтверждают преимущества детонационно-газовых покрытий по прочности сцепления, плотности, области использования.

Следует отметить, что внедрение данного метода требует проведения дополнительных исследований с учетом всей специфики процесса и правильного использования особенностей формируемых покрытий. При этом не достаточно знаний этих особенностей в их общем изложении поскольку применение напыляемого покрытия, свойства и состояние которого определяется сложнейшим переплетением многочисленных

факторов, требуют индивидуального подхода в каждом конкретном случае.

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в этом направлении

При внедрении технологии газодетонационного метода упрочнения в отрасли необходимо учитывать:

1. Эксплуатационные характеристики детонационно-газовых покрытий для ответственных деталей строительных машин и оборудования определяются исключительно свойствами материалов покрытий, их совместимости с материалами изделий и технологией напыления.

2. Поиск новых путей интенсификации процесса нанесения покрытий для деталей данной техники требует совершенствования технологии детонационно-газового напыления.

3. Выбору технологии в каждом конкретном случае должен предшествовать анализ закономерностей, свойственных процессу детонационно-газового напыления покрытий и материалов каждой и конкретной конструкции техники.

Литература

1. Фролов Е.А. Исследование влияния упрочняющего детонационно-газового метода обработки формообразующих элементов гибочных штампов на их износостойкость [Текст] / Е.А. Фролов, С.С. Тимофеев, И.И. Федченко, Ю.А. Кочергин // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ. – 2010. – №119. – С. 128-132.

2. Мовшович А.Я. Нанесение упрочняющих покрытий [Текст]: моногр. / А.Я. Мовшович, Н.К. Резниченко, Б.В. Горелик. – Харьков: Украинская инженерно-педагогическая академия, 2012. – 171 с.

3. Драгобецкий В.В. Новые и высокоэффективные технологии в машиностроении [Текст]: учеб. пособие / В.В. Драгобецкий, А.Д. Коноваленко, В.Г. Загорянский. – Харьков: «Точка», 2012. – 238 с.

4. Бартнев С.С. Детонационные покрытия в машиностроении [Текст] / С.С. Бартнев, Ю.П. Федько, А.И. Григоров. – Л.: Машиностроение, 1982. – 215 с.

5. Поляк М.С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения. В 2 т. Т.2 [Текст] / М.С. Поляк. – М.: Л.В.М. – СКРИПТ, МАШИНОСТРОЕНИЕ. 1995. – 688 с.

6. Поляк М.С. Технология упрочнения. В 2 т. [Текст] / М.С. Поляк. – М.: Машиностроение, 1995. Т.2. – 688 с.

7. Кочергин Ю.А. Управление качеством рабочих поверхностей тяжело нагруженных деталей машин [Текст] / Ю.А. Кочергин, М.М. Буденный, А.Я. Мовшович // Матеріали 9 Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика». – Київ: АТМ України. – 2009. – С. 80-85.

8. Гаврилов А.Г. Возможности применения нетрадиционных многослойных покрытий при механической обработке труднообрабатываемых материалов [Текст] /

А.Г. Гаврилов, Д.И. Фадюшин, В.Д. Шашурин // Опыт производства и перспективы развития инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: 1988. – С. 47-50.

9. Верецака А.С. Исследование режущих свойств инструментальных материалов с покрытием [Текст] / А.С. Верецака // Перспективы развития режущего инструмента и повышение его эффективности в машиностроении.- М.: Машипром. – 1978. – С. 96-101.

10. Чаплыгин Ф.И. Прогрессивные методы упрочнения инструмента [Текст] / Ф.И. Чаплыгин, Ю.Н. Лебединский, В.Н. Меркулов. Киев: Инструментальное производство, 1987. – №2. – С. 54-76.

11. Сунов А.В. Упрочнение режущего инструмента [Текст] / А.В. Сунов. – М: Машиностроение, 1987. – 64 с.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© Е. А. Фролов, С. И. Кравченко, О. В. Бондарь

УДК 621.7.793:621.65.073

Е. А. Фролов, д.т.н., проф.,
С. І. Кравченко, к.т.н., доц.,
О. В. Бондар, аспірант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН, ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

На основі аналізу застосовуваних методів підвищення експлуатаційних характеристик відповідальних деталей і виробів машинобудування встановлено найбільш ефективний метод зміцнення поверхневих шарів деталей будівельних машин, обладнання та спеціального технологічного оснащення. Визначено конкретні заходи щодо дослідження та успішного впровадження технології у виробництво.

Ключові слова: зміцнюючі покриття, газово-детонаційне напilenня, технологічне оснащення, експлуатаційні характеристики, технологія.

UDC 621.7.793:621.65.073

*E. A. Frolov, Doctor of Technical Sciences, Professor,
S. I. Kravchenko, Ph. D., Associate Professor,
O.V. Bondar, Post-graduate
Poltava National Technical University named after Yuriy Kondratyuk*

**ON THE QUESTION OF INCREASING OPERATIONAL
CHARACTERISTICS CONSTRUCTION MACHINES, EQUIPMENT
AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT**

On the basis of the analysis methods improve performance of critical components and engineering products has the most efficient method of hardening the surface layers of parts of construction machinery, equipment and special tooling. Identifies specific activities of research and successful implementation of technology in the production.

Keywords: *hardening coating, detonation sputtering, technological equipment, operational characteristics, technology.*