

УДК 621.924.093

А.Е. Проволоцкий, П.С. Лапшин, С.Л. Негруб

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Приведенные результаты исследований струйной обработки с использованием разных материалов в технологической струе. Основные исследования касаются использования сополимера стирола..

Ключевые слова: струйная обработка, шероховатость, сополимер стирол, маслостойкость.

Приведені результати досліджень струменевої обробки з використанням різних матеріалів в технологічному струмені. Основні дослідження стосуються використання сополімера стірола..

The resulted results of researches of stream treatment are with the use of different materials in a technological stream. Basic researches touch the use of sopolimera of styrene.

Введение. Большое значение в общем технологическом процессе изготовления различных машин имеет их механическая обработка. В машиностроении происходит непрерывная интенсификация процессов вызываемая повышением скоростей относительного перемещения контактирующих поверхностей, нагрузок, давлений, температур и других параметров. По этой причине повышаются требования, предъявляемые к качеству изготовления машин.

Для обеспечения требуемого качества поверхностей разработан целый ряд новых технологических процессов, однако, в основном эти процессы энергоёмки и требуют больших капиталовложений.

Обработка поверхностей деталей машин точением, фрезерованием, протягиванием и шлифованием характеризуется тем что режущие элементы металлического или абразивного инструмента в течении всего процесса соприкасаются с поверхностями детали. При этом образуется замкнутый кинематическая система, включающая станок, инструмент и деталь. Обработка сопровождается нагреванием и вибрацией всех трех составляющих деформаций металла в зоне действия режущей кромки.

Стремление улучшить окончательную обработку, а также отделить режущий инструмент от державки, суппорта и станка привело к созданию новых методов обработки. В последних инструмент, как твердое тело, отсутствует (химическая обработка, электрополирование), или не имеет механической связи со станком (пескоструйная и дробеструйная обработки).

Основная часть. На протяжении многих лет отмечается широкая деятельность в поисках механических методов, которые бы послужили заменой химическим растворителям. Некоторые технические способы, включающие обработку давлением, пластмассами, пшеничным крахмалом, стальной дробью, стеклянными шариками или двуокисью

углерода, тщательно исследовались в НИИ Специальных технологий НМетАУ. На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что сегодня, при наличии выбора по способу удаления лакокрасочных покрытий и полирования поверхностей, отдать предпочтение тому или иному процессу не так просто, поскольку это тесно связано с конкретными индивидуальными требованиями. Несмотря на это, следует отметить, что для правильного выбора все рассматриваемые технологии должны быть оптимизированы по отношению к их специфическому потреблению энергии. Все механические технологии от нагнетания воды под большим давлением до лазерного съёма красок потребляют сравнительно большое количество энергии и затраты на них составляют значительные суммы. Поэтому окончательная оценка наиболее оптимального процесса может быть сделана только после сравнения энергоёмкости и капитальных затрат, связанных с расходами на технику.

В последнее время за рубежом начал применяться гибридный процесс, разработанный специалистами немецкой фирмы Люфтганза. Процесс требует минимум энергии необходимой для нейтрализации энергии связи между слоями краски. Это достигается умелым управлением химическими и биологическими процессами, благодаря которым происходит разложение лакокрасочных покрытий и полирование деталей. После применения реактива, который не оказывает вредного воздействия на окружающую среду, требуется всего около 2-х часов выдержки перед тем, как этот реактив окончательно смывается водой, а затем, размягчённые слои краски подвергаются струйной обработке водой под большим давлением. К преимуществам данного способа относится применение натуральных средств, 100 процентная доступность для обработки всей поверхности, дешевизна, простота управления, отсутствие проблем с хранением, отсутствие потребления энергии, налаженная система по очистке и удалению воды, возможность рециркуляции в больших объемах, отсутствие пыли, удаление только обломков краски, быстрота в работе, возможность выборочного удаления краски, способность применения в массовом производстве, сравнительно низкие капитальные затраты. Однако, большой расход воды делает эту технологию непригодной для применения в районах, имеющих проблемы с водоснабжением. Кроме того при таком способе невозможно послойное снятие покрытий: удаляются сразу все слои.

В последнее время широкое технологическое применение находит струйная обработка. Процесс высокоэффективен и приобретает особое значение в современных условиях, когда необходимо сократить ручной труд, широко применять ресурсосберегающие технологии.

Основными направлениями применения струйной обработки являются: отделка деталей любой конфигурации; уменьшение шероховатости поверхности; получение поверхности без направленных следов механической обработки; создание наклепа для повышения усталостной прочности; получение поверхностей с высокой капиллярностью; повышение

износостойкости и сцепления с покрытиями и красками; увеличение стойкости инструмента; устранение следов механической обработки; удаление окалина, ржавчины и очистка поверхностей от загрязнения; снятие заусенцев и грата [1,2,3].

При этом особое внимание уделено струйной гидроабразивной обработке. НИИ Специальных технологий НМетАУ ведет разработку оборудования для отделки пресс-форм, зубчатых колес, труб, фасонного проката, лопастей воздушных винтов, турбинных лопаток, товаров народного потребления и др. К настоящему времени накоплен опыт в разработке струйных аппаратов и типового оборудования. На машиностроительных предприятиях планируется внедрение струйно-абразивной обработки проката перед механической обработкой, а также отделка деталей перед различными покрытиями. На приборостроительных заводах найдут широкое применение различные технологические процессы отделки деталей из цветных материалов и сплавов, стекла и керамики. Металлургическим предприятиям предложены различные варианты процессов струйно-абразивной обработки проката взамен кислотного травления, что значительно повлияет на экологическую обстановку различных регионов и исключит загрязнение окружающей среды.

Расширяются технологические возможности струйно-абразивной обработки при ее применении на финишных операциях отделки поверхностей трения благодаря высоким эксплуатационным показателям матового микрорельефа, имеющего высокую маслоёмкость.

Кроме того, проведены исследования взаимодействия гидроабразивных струй с поверхностью корнеклубнеплодов. Полученные результаты найдут широкое использование на предприятиях агропромышленного комплекса.

В каждом конкретном технологическом варианте необходимо разрабатывать схему взаимодействия струи с обрабатываемой поверхностью, конструкцию струйного аппарата и специального оборудования, состав суспензии и технологические режимы обработки. При этом важным фактором является выбор эффективного способа контроля и управления режимами взаимодействия потоков частиц в процессе обработки.

Перспективными являются способы, основанные на таких физических эффектах, как трибоэлектричество и акустические колебания в зоне обработки.

Независимо от применяемого оборудования существуют обобщенные параметры процесса: давление сжатого воздуха; скорость частиц абразива; длина струй (расстояние от торца сопла до обрабатываемой поверхности по оси сопла); угол атаки (рассчитываемый между осью сопла и проекцией ее на плоскость стола); скорость подачи струйного аппарата или перемещение обрабатываемой поверхности); длительности обработки и др. Кроме этого, на производительность процесса, получение заданных шероховатости и остаточных напряжений влияют следующие факторы; физико-

механические свойства, форма и зернистость абразивного материала; конструктивные особенности струйного аппарата, а также свойства обрабатываемого материала

На основе анализа работ [1,4] сделаны обобщения, доказывающие нелинейную связь параметров струйной обработки с производительностью процесса и получаемой шероховатостью, при этом оптимальные значения параметров лежат в узких пределах.

Очистка изделий осуществляется различными абразивными материалами, размеры зерен которых лежат в пределах от 0,18 мм для очень мелкого песка до 1,41 для стальной дроби [5], хотя, вообще говоря, существующие стандарты рекомендуют пользоваться абразивами с размерами зерен 1,19 мм и менее [6], причем, величину абразивного зерна рекомендуется выбирать в 3 раза больше исходного уровня шероховатости обрабатываемой поверхности. Абразивы с малой зернистостью позволяют получить хорошее качество обрабатываемой поверхности, но не обеспечивают удовлетворительную производительность обработки.

Для подачи абразивного материала в промышленности используются воздушно-струйные установки. В этих установках абразив подается к сопловому аппарату одним из следующих способов;

1) нагнетательным, под давлением (абразивный материал смешивается с воздухом в смесительной камере и по шлангу подается через сопло на обрабатываемую поверхность). Этот способ является наиболее производительным, но связан с применением аппаратов довольно сложной конфигурации и сопровождается большим износом шлангов.

2) гравитационным (под действием собственного веса абразивный материал свободно падает к отверстию сопла и перед самым выходом смешивается с воздухом). Этот способ получил ограниченное распространение в промышленности из-за небольшой кинетической энергии, сообщаемой абразиву, и недостаточной гибкости управления струйным аппаратом и поэтому, применяется в том случае, когда направление струи постоянно и очистка производится автоматически.

3) эжекционным всасыванием (абразивный материал засасывается струей сжатого воздуха). Этот способ получил наибольшее распространение

4).комбинированным эжекционно – нагнетательным (абразивный материал подается под небольшим давлением, но дополнительно засасывается струей сжатого воздуха).

Научная новизна. Получившая признание струйная обработка позволяет получать наилучшее качество поверхности, однако широкому распространению этого метода препятствует наклеп обрабатываемой поверхности. При бомбардировании обрабатываемых деталей маленькими сферическими или негранеными частицами, поверхностные слои этих деталей испытывают напряжения сжатия и подвергаются пластической деформации.

Известно, что тонколистовые металлические полосы, обдутые полимерными частицами сополимера стирола только с одной стороны, деформируются начиная со стороны, которая была обработана, создавая выпуклую поверхность. Напряжения сжатия, внесенные в подвергнутую наклепу поверхность вынуждают полосу изогнуться. Происходит коробление поверхности. Относительная работа, выполняемая над поверхностью, называется интенсивностью наклепа. Интенсивность наклепа зависит от таких факторов как: размер и материал полимерной частицы сополимера стирола; скорость, подача и угол, при которых струйный аппарат перемещается по поверхности; время воздействия полимерных частиц. Но наиболее важным фактором, более других влияющим на интенсивность наклепа, является скорость полимерных частиц.

В своих исследованиях мы исходили из того, что полностью избежать нежелательного наклепа при струйной обработке тонколистовых заготовок не удастся. Однако подбирая вышеперечисленные факторы, влияющие на интенсивность наклепа, можно свести эти коробления к таким значениям, при которых происходит релаксация напряжений сжатия, и по прошествии времени искривление заготовок полностью исчезает.

На интенсивность наклепа в первую очередь влияет скорость полимерных частиц сополимера стирола. В случае применения для разгона указанной частицы сжатого воздуха, скорость частиц непосредственно зависит от давления сжатого воздуха. То есть, для уменьшения коробления заготовок необходимо производить струйную обработку при минимальном давлении. Но, с другой стороны, при этом резко уменьшается производительность обработки. Очевидно, что для решения этой проблемы необходимо устанавливать давление сжатого воздуха совместно с выбором материала и размера полимерных частиц.

Обычные абразивные материалы (карбид кремния, электрокорунд и др.) не позволяют производить эффективный съем покрытий и подготавливать поверхности к покрытиям по той причине, что эти материалы разрушаются и превращаются в пыль. Повторное их применение ограничено и составляет от 4 до 6 раз.

Были опробованы такие твердые материалы, такие как стальная дробь, чугун и стеклянные шарики. Стойкость таких наполнителей достаточно высокая, что позволяет использовать эти материалы многократно. Однако применение перечисленных выше материалов приводит к короблению листовых заготовок из-за большой интенсивности наклепа. Кроме того, производство этих материалов энергоемко.

Известен способ [7] струйной обработки, в котором повышается производительность процесса (рис. 1).

Способ осуществляется следующим образом. По гибкому шлангу 4 воздушная смесь с полимерными частицами подводится к соплу 1 и, ускоряясь сжатым воздухом, подаваемый по шлангу 5, выбрасывается в

виде струи на обрабатываемую поверхность 6. При включении источника 7 импульсного электрического поля между поверхностью 6 и торцом канала 3 образуется электрическое поле переменной напряжённости полимерных частиц.

В результате воздействия импульсного электрического поля на струю полимерных частиц и её контакта со стенками канала 3, частицы получают электрический заряд, который при контакте факела струи полимерных частиц с обрабатываемой поверхностью вызывает электроискровые разряды, интенсифицирующие процесс струйной обработки.

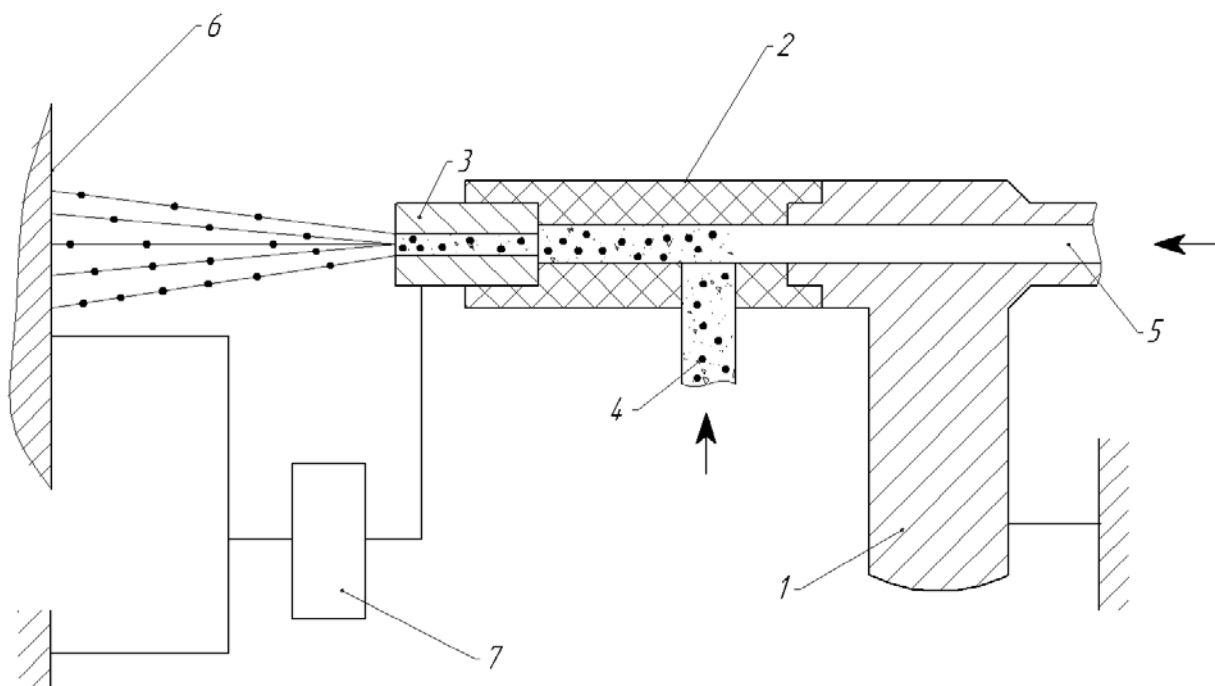


Рисунок 1 – Струйный аппарат с электрическим зарядом:

- 1 – струйное сопло; 2 – корпус с диэлектрическим материалом;
- 3 – канал разгона частиц; 4, 5 – шланги для подачи смеси воздуха с абразивными частицами; 6 – обрабатываемая поверхность;
- 7 – источник импульсного электрического поля

Были опробованы также методы, в которых в качестве наполнителей струи применялись полимерные материалы, производимые в виде сфер правильной геометрической формы, в которых накапливаются электростатические заряды.

Электростатические заряды возникают в полимерах при их трении с диэлектриками. Хорошая статическая электризация полимеров является следствием их высоких диэлектрических свойств. Применительно к рассматриваемому процессу это означает, что при использовании этих материалов в качестве наполнителя струи при струйной обработке, заряды, приобретенные каждой отдельной полимерной сферой в элементарных актах механического взаимодействия с другими сферами, стенками диэлектрического трубопровода и сопла будут спадать очень медленно, и

поэтому будут суммироваться. Рост заряда на сферах происходит до достижения критической напряженности электрического поля, при которой происходит пробой окружающего воздуха, при соударении заряженных частиц полистирола с металлической поверхностью детали происходит её электроэрозионная разрушение, то есть, ведётся обработка без затрат энергии.

Полимерные частицы легко перемещаются по трубопроводам и струйному аппарату. Они не изнашивают детали инструмента, и самое интересное не изнашиваются сами, так как они ведут обработку не по абразивному разрушения детали, а электроискровым формообразованием микрорельефа обработанной поверхности. Для накопления статической напряжённости не нужны специальные генераторы. Статическая напряжённость никогда не использовалась в технологической задачи, а приводимые исследования найдут широкое применение при выполнении задачи формирования высокопористого микрорельефа накопленного статической напряжённости.

На рис.2 показан микрорельеф поверхности обрабатываемой сополимер стиролом в начале обработки(видны следы единичных искровых разрядов), а на рис 3. показан матовый микрорельеф обработанной поверхности со следами многократных искровых разрядов. Микрорельеф на рис 3. очень похож на микрорельеф после струйной гидроабразивной обработки. Известно[3], что такой микрорельеф имеет особое эксплуатационное свойство по гидроёмкости и сцепляемости с покрытиями.

Решая проблему остаточных напряжений были опробованы также смеси диэлектрических частиц, например, гранулы ударопрочного полистирола, т.е. полностью масса состоит из диэлектрических частиц. Если массу подготовить из полимерных и металлических частиц, то из-за хорошей электропроводности металла они, подобно стенкам струйного аппарата, полностью разрядят полимерные шарики и исключат эффект эрозионного разрушения обрабатываемой поверхности.

Подготовленная абразивная масса засыпается в любую из известных струйных установок. Струйный аппарат устанавливается таким образом, что он оказывается электрически изолирован от массы установки. Сухие абразивные частицы, какими являются гранулы сополимера стирола и стекла имеют большую подвижность в трубопроводах и струйном аппарате. Такие смеси легко могут разгоняться сжатым воздухом, используя эжекционные схемы. При движении абразивной массы по резиновым шлангам они входят в контакт с его внутренними стенками и могут приобретать электрический заряд, частично отдавая его струйному аппарату.



Рисунок 2 – Единичный микрорельеф в начале обработки



Рисунок 3 – Окончательный микрорельеф под действием искровых разрядов

Выводы. При обработке испытывали шланги из различных материалов. Поскольку при этом изменяется пара трения шланг-сополимер, то изменяется и заряд, что отражается на процессе электростатической эрозии.

При обработке тонких листовых заготовок это приводит к короблению, что вызывается большей единичной массой с полимерными.

Проводились исследования влияния влажности на интенсивность, эрозии, поскольку излишняя влажность используемых полимерных материалов исключает все явления, происходящие в них, связанные с

электростатикой. Поэтому перед обработкой необходимо предварительно просушивать используемый полимер.

В результате проведенных исследований и полученных на их основе теоретических выводов, зависимостей и принятых технологических решений разработан технологический процесс струйной обработки с полимерными наполнителями струи, новые методы контроля и управления процессом струйной обработки, а также оборудование и оснастка для практического осуществления технологического процесса.

Разработанный технологический процесс сокращает ручной труд, повышает эксплуатационные характеристики поверхностного слоя деталей из алюминия и его сплавов после снятия с них старых лакокрасочных покрытий. Технологический процесс применен для обработки деталей и узлов летательных аппаратов, для чего разработаны конструкции соответствующих установок и устройств.

Разработанные методы контроля и управления процессом струйной обработки с полимерными наполнителями струи, позволяют осуществлять активный контроль, регулирование процесса струйной обработки, оптимизировать технологический процесс и тем самым получать гарантированное качество съема лакокрасочных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолв Н.И Основные процессы при взаимодействии абразива и металла. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н, -Киев, 1967.
2. Подураев В.Н., Комалов В.С Физико-химические методы обработки. М: Машиностроение, 1973, 346 с.
3. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. – К. Техника. 1989 – 277 с.
- 4- Билик Ш.М. Абразивно-жидкостная обработка металлов. - М: Машгиз,1960.– 198 с.
5. Independent Gravel Co, Independent Abrasives, Joplin, Missouri, 1977.
6. Steel Structures Painting Council, Surface Preparation Specification, ANSI A159, 1-1972, 1972.
7. Абразивна маса для струйної обробки. Патент № u 2009 09397 B24 C1/00.