

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ТОНКОСТЕННЫХ И СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ.

СООБЩЕНИЕ 2. ЩЕТОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Подобрать инструмент для финишной обработки тонкостенных и сложнопрофильных деталей непросто. Особенно, если необходимо соблюдать требования по минимизации доли ручного труда. Механические щетки с металлическим ворсом дают возможность механизации и автоматизации, хорошо себя проявляют при размерном и безразмерном полировании, очистке, зачистке, снятии заусенцев и проч., упрочняют обрабатываемые поверхности, однако невысокий период стойкости (излом ворсинок в месте заделки, высокая травмоопасность) и металлизация обработанных поверхностей сужают область применения металлических щеточных инструментов.

Часто волокна щеточного инструмента использовали как носителей абразивных шлифующих и полировальных паст [1]. Для этих целей применяли металлические щетки с тонким ворсом; параллельно с ними широко вошли в производство неметаллические щеточные инструменты вращательного действия. Материал волокон применяли различный: натуральная свиная щетина, натуральный волос (конский, крупного и мелкого рогатого скота, верблюжий, соболиный, барсучий, беличий, скунсовый, хорьковый и т.п.), хлопчатобумажная пряжа, растительные волокна (манильская и сизальская пенька, мексиканская трава, драцена, сорго) и др. Каждый из них имеет свою степень мягкости, эластичности и область использования. Недостатком является дороговизна и невысокая стойкость щеточных инструментов из них.

Хорошим заменителем натуральных материалов стал искусственный заменитель, так называемая синтетическая щетина. На начальном этапе развития полимерных материалов это были капрон, нейлон, перлон, дедерон. Эти волокна сохраняют свою прочность в сухом и влажном состоянии, способны окрашиваться, обладают блеском, эластичностью, стойкостью к щелочам и кислотам, действию высоких и низких температур, выдерживают воздействие горячей воды. Об этом свидетельствуют значения показателей, характеризующие, в частности, качество капрона, а именно: прочность на разрыв – от 2000 до 10000 МПа, временное сопротивление изгибу – 7000–10000 МПа; температура размягчения около 235 °С; водопоглощаемость – 7,6 %; удлинение при растяжении – 30–35 % [1]. Недостатком синтетической щетины является худшая (по сравнению с натуральной) степень удерживания на торцах щетинок абразивных материалов. Поэтому для изготовления щеточных изделий синтетические волокна применяются в чистом виде и в перемешку с натуральной щетиной или волосом. Однако синтетическая щетина незаменима в случае применения щеток в условиях сильнодействующих химических растворов и полирующих средств.

Необходимо отличать термин «полимерные щетки», применяющийся в физике полимеров в направлении, занимающимся наноструктурами. Здесь «полимерные щетки» представляют собой «монослой полимерных цепей, связанных с некоторой непроницаемой поверхностью концевыми группами». Их изучение дает возможность дальнейшего развития этого направления и практического применения полимеров с разнообразными особенностями поведения [2 и др.].

Чтобы сохранить преимущества синтетических волокон и уменьшить их недостаток, заключающийся в слабом удержании абразива, следующим этапом развития стали инструменты на основе полимерно-абразивных (ПА) волокон. На этапе расплавленного полимера в него добавляли абразив определенной зернистости, перемешивали, затем проводили экструдирование волокон, в которых абразивные зерна были равномерно распределены по объёму полимера. При этом отпала необходимость использовать шлифующие и полирующие абразивные пасты. Исследования по составу волокнообразующих полимеров, объёмному содержанию абразива, соотношению «зернистость – диаметр волокна» долгое время не публиковались. Первые полимерно-абразивные (ПА) инструменты, появившиеся на инструментальном зарубежном рынке, изготовлены фирмами «Hans Wehler», «Kullen&Mez», «Osborn», «Lippert», «Festo», которые использовали для щеточных инструментов полимерно-абразивные волокна фирм «Nybrad» и «Dipon». Технология изготовления ПА волокон является коммерческой тайной. При этом развитие химического производства в направлении изучения и получения новых видов полимеров, обладающих одновременно прочностью и упругостью продолжается. На рубеже 2000-х появилась отечественная фирма по изготовлению дисковых ПА инструментов «Пиранья». Постепенно эти инструменты начали продвижение на рынке, и все чаще их стали использовать в разных сферах и отраслях, открывая новые возможности их применения.

Волокно ПА инструментов (рис. 1) состоит из двух компонентов:

- полиамид (нейлон) – прочный и высокоэластичный полимерный материал, выступающий в качестве связующего элемента;
- абразивные зерна, непосредственно участвующие в процессе резания; материал абразива – электрокорунд нормальный 14А или карбид кремния 63С.

Процентное соотношение, в котором находится объем абразивных зерен в общем объеме материала волокна, составляет около 25–35 %. В противном случае, как показали исследования [3], ухудшаются усталостно-прочностные характеристики волокна.

ПА инструмент выпускается различной формы и конструктивного исполнения (рис. 2). Применение той или иной конфигурации обуславливается формой и кривизной обрабатываемой поверхности, а также свойствами поверхностного слоя, которые необходимо обеспечить.



Рис. 1. Волокна полимерно-абразивного инструмента



Рис. 2. Виды полимерно-абразивных инструментов фирмы OSBORN [4]:

а – дисковый; *б* – цилиндрический; *в* – торцевой; *г* – концевой;
д – роликовый; *е* – дисковый лепестковый; *ж* – ершиковый

Благодаря широкому ряду вариантов настройки инструмента путем сочетания определенных параметров и режимов обработки возможно обеспечение высокой производительности и качества при выполнении финишных операций.

По результатам анализа немногочисленных информационных источников определяются наиболее перспективные направления использования щеточных полимерно-абразивных инструментов:

- автомобильная промышленность (удаление заусенцев с шестерен, зубчатых колес насосов и приводов, цилиндрических головок, картеров и других уплотняющих поверхностей; удаление легкой ржавчины кузова, черновое шлифование грунтовок путем придания равномерной шероховатости перед покраской);
- электроника (удаление заусенцев и тонкое шлифование пластин, печатных плат и схем);
- самолетостроение (удаление заусенцев и полирование);
- производство инструмента (удаление следов коррозии и реза, снятие фасок);
- обработка заготовок (удаление заусенцев с кромок и облоя после операций получения заготовки);
- химпром, синтетические материалы (придание шероховатости и матирование);
- деревообрабатывающая и мебельная промышленность (шлифовка дерева и клееной фанеры; шлифование деревянной мебели и панелей, снятие «вздыбившихся» после первого слоя лака ворсинок, особенно на рельефных поверхностях);
- горнодобывающая промышленность (обработка гранитных плит после их распиловки);
- нефтегазовая промышленность (очистка труб от ржавчины и грязи перед нанесением на них гидроизоляции).

Чаще всего ПА инструменты используют для отделочных и очистных работ.

Отличительными свойствами щеточных полимерно-абразивных инструментов, говорящими в пользу использования их в производстве, является:

- равномерный шлифовальный эффект, так как при износе материала подложки постоянно открывается новый абразивный материал;
- высокая упругость и гибкость без опасности разрушения;
- отсутствие засаливания материала рабочими отходами;
- возможность применения для влажных работ, так как полимер не абсорбирует значительных количеств охлаждающих или смазывающих веществ;
- устойчивость к воздействию слабых кислот и щелочей;
- большой срок службы при оптимальных режимах;
- высокое качество обработанной поверхности;
- высокая производительность обработки;
- небольшое прижимное усилие;
- незначительное выделение теплоты.

К тому же волокнистая структура ПА инструментов, повторяющая контур обрабатываемой поверхности, и также невысокое силовое давление в контактной зоне обеспечивает успешную финишную обработку тонкостенных и сложнопрофильных деталей.

ПА инструменты демонстрируют также такое преимущество гибких инструментов как снижение требований к точности взаимного расположения детали и обрабатывающего инструмента, уменьшается сложность движения инструмента, что делает автоматизацию и механизацию таких операций технически и экономически приемлемой, т.к. снижается стоимость автоматических устройств и их программирования, а также стоимость технического обслуживания.

Благодаря этому преимуществу даже для обработки поверхностей и кромок сложного профиля ПА инструментами есть реальная возможность механизации и автоматизации финишных операций без необходимости применения сложного и дорогостоящего оборудования, что позволяет существенно повысить производительность обработки и исключить ручной труд или значительно снизить его долю.

Основное ограничение инструментов, содержащих полимеры, это строгое соблюдение температурного режима из-за низкой температуры плавления основы или связки [5, 6 и др.].

С другой стороны, обработка ПА инструментами сопровождается невысоким уровнем температур, что важно для тонкостенных деталей, а также материалов, склонных к перегреву и прижогам.

Износ ПА инструментов при соблюдении рациональных условий и режимов обработки протекает неинтенсивно – постепенно полимер в волокнах изнашивается, на концах волокон непрерывно открываются новые режущие края абразивного наполнителя. Это обеспечивает «чистый» инструмент с долгим сроком службы и минимальной правкой.

Полимерно-абразивный инструмент имеет следующие технические характеристики (рис. 3):

- диаметр инструмента D – находится в пределах 6...350 мм;
- ширина рабочей части инструмента B – зависит от конструктивного исполнения инструмента;
- длина свободной части волокна L – зависит от конструктивного исполнения и достигает 60 мм;

- диаметр волокна d – наиболее распространенный 0,6...1,5 мм;
- материал абразивных зерен – электрокорунд нормальный 14А или карбид кремния 63С;
- зернистость абразива – наиболее распространена F80 – F290.

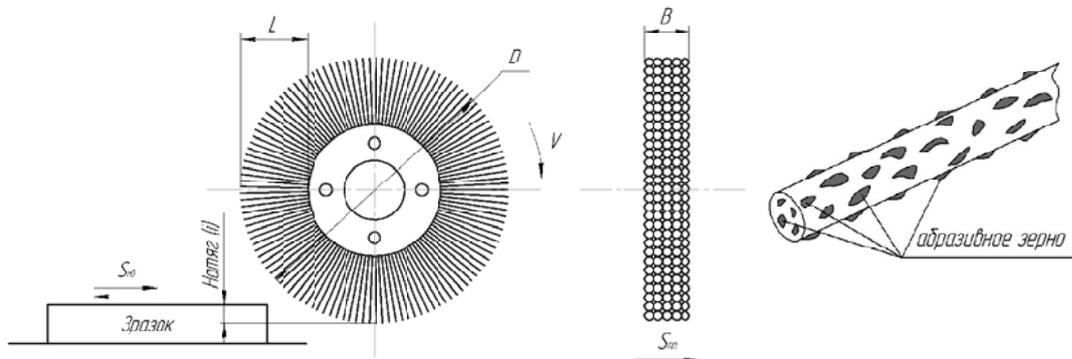


Рис. 3. Параметры и кинематика движений при обработке дисковым ПА инструментом

Режимы обработки выбираются в зависимости от вида и параметров ПА инструмента от цели и условий обработки и материала детали:

- скорость резания V ;
- подача инструмента (продольная подача $S_{пр}$, поперечная подача на ход или двойной ход S_{II}); выбираются в зависимости от условий обработки и обрабатываемого материала;
- количество двойных ходов N ;
- натяг i – величина, на которую геометрический контур инструмента перекрывает геометрический контур поверхности изделия.

Рациональные режимы и условия обработки для отдельно взятого материала детали необходимо устанавливать в каждом конкретном случае, потому что информационно-литературных данных на сегодняшний день недостаточно, так как ПА инструменты относительно недавно появились на рынке инструментов.

Многообразие конструкций ПА инструментов, их универсальность позволяет применять их для совершенно различных тонкостенных деталей сложного профиля, особоответственных, сложнагруженных, с особыми требованиями к качеству поверхностного слоя, изготавливаемых из различных, в том числе и труднообрабатываемых материалов.

Список литературы

1. Серебrenицкий П. П. Обработка деталей механическими щетками / П. П. Серебrenицкий – Ленинград : Лениздат, 1967. – 152 с.
2. Бирштейн Т. М. Полимерные щетки / Т. М. Бирштейн // Соровский Образовательный Журнал. – 1999. – № 5. – С. 42–47.
3. Абрашкевич Ю. Д. Расширение области применения полимерно-абразивных щеток / Ю. Д. Абрашкевич, А. Н. Компанцев // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 1996. – № 1. – С. 9–14.
4. Каталог продукции фирмы «Osborn». 2008 г.
5. Устинович Д. Ф. Моделирование тепловых процессов при обработке тел вращения полимерно-абразивными щетками / Д. Ф. Устинович, В. М. Голуб // Вестник национальной академии наук Беларуси. – 2011. – № 2. – С. 62–68.
6. Абрашкевич Ю. Д. Рациональное применение полимерно-абразивных щеток / Ю. Д. Абрашкевич // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2007. – № 7. – С. 23–26.

Одержано 15.05.2015

© Д. Н. Степанов

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье

Stepanov D. Finishing processing of thin-walled parts of complex profile.

Report 2. Tools based on polymer-abrasive fibers