

КЛАССИФИКАЦИЯ ФИНИШНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Шкурупий В.Г., канд. техн. наук (ХНЭУ, г. Харьков)

При обработке свободным абразивом эффективное смазывание поверхностного слоя обеспечивается при минимальных силовых воздействиях зерен – при полировании. Классификация способов обработки показывает, что скопление абразивных частиц, участвующих в обработке, может состоять из наноразмерных величин зерен, и рабочая среда будет обладать иным характером воздействия на поверхностный слой.

Каждое изделие, поставляемое в условиях жесткой конкуренции на внутренний и, особенно, на внешний рынок, должно обладать новым уровнем свойств и соответствовать все возрастающим требованиям, предъявляемым потенциальным потребителем к функциональным, экологическим и эстетическим свойствам. Эти тенденции повышения требований потребителей к качеству изделий отражены в международных стандартах серии ISO-9000. Получение такого уровня изделий все больше связывают с нетрадиционными конструкциями и технологическими решениями, реализация которых не всегда возможна на основе использования существующих технологических систем, оборудования и оснащения общего назначения, т.е. на основе всего того, что составляет суть традиционных технологий.

К наиболее распространенным способам финишной обработки относят шлифование, доводку и полирование. Эти способы нашли широкое применение для обработки:

– деталей топливной аппаратуры, пневматических и гидравлических агрегатов управления (плунжеров, золотников, клапанов, игл распылителей, стыковых поверхностей корпусов топливной аппаратуры и др.);

– деталей летательных аппаратов (выдвижных антенн и штанг систем пассивной ориентации искусственных спутников земли, деталей лазерной техники, деталей топливной аппаратуры, отражателей гелиосистем, деталей систем терморегулирования и др.);

– пластин для микросхем, рабочих поверхностей магнитно-мягких материалов;

– рабочих поверхностей измерительных инструментов, калибров и др.;

– рабочих поверхностей режущих инструментов.

Шероховатость рабочих поверхностей, полученных на финишных операциях, должна находиться в следующих интервалах: R_a и R_z в пределах от 0,1 до 0,02 мкм; отклонения формы и расположения поверхностей в пределах от 0,1 до 0,3 мкм. Физико-химическое состояние поверхностей должно быть без загрязнений и иметь низкое значение работы выхода электронов [1].

Рассмотрим обработку связанным абразивом: шлифованием.

Из литературы известно [2], что неравномерное распределение температуры в процессе шлифования вызывает образование прижогов и трещин, при-

водит к образованию участков разной твердости, к появлению остаточных напряжений и деформаций детали. Параметры шероховатости поверхности после обработки не всегда обеспечиваются шлифованием. При этом остаточные напряжения в большинстве случаев являются растягивающими, что существенно снижает усталостную прочность деталей.

Взаимодействие твердых тел инструмента и детали при шлифовании исследовалось в работах Г. М. Ипполитова [3], Е. Н. Маслова [4], А. В. Якимова [5], С. Г. Редько, А. В. Подзея и др.

Профессор А.В. Якимов [5] считает, что при шлифовании в зоне контакта круга с деталью возникают температуры, которые иногда превышают критические точки плавления шлифуемых металлов. Высокая температура сохраняется доли секунды, т.к. подавляющая часть возникающей теплоты сразу же отводится нижележащими слоями холодного металла. Но даже кратковременный нагрев вызывает структурные изменения, внешне характеризующиеся прижогами. Кроме прижогов на поверхностях деталей часто после шлифования наблюдаются трещины, возникшие под действием суммарных остаточных внутренних напряжений, которые являются следствием неоднородной пластической деформации в разных зонах поверхностного слоя.

Шлифование абразивными лентами – это разновидность процесса шлифования абразивными кругами. По сравнению с тонким шлифованием обработка абразивными лентами обеспечивает более высокое и стабильное качество поверхности при достаточно высокой производительности обработки. В настоящее время шлифование абразивными лентами широко применяется для обработки деталей из жаропрочных сплавов, конструкционных сталей, цветных металлов с припуском на обработку 0,02 – 3 мм.

Снижение износостойкости поверхности после шлифования, особенно для ответственных деталей требует использования дополнительной обработки: доводки, хонингования, притирки, полирования. При этом хонингование и суперфиниширование осуществляются связанным абразивом, а доводка (притирка) и полирование – свободным абразивом.

В.В. Медведев [6] представляет хонингование как процесс обработки поверхности зернами абразивных брусков. Бруски прижимаются к поверхности с определенным усилием и перемещаются относительно неё не менее чем в двух направлениях. Процесс хонингования определяется давлением и характеристиками брусков, окружной скоростью их перемещения. Кроме этих основных движений, бруски или деталь могут совершать дополнительные осевые или тангенциальные высокочастотные колебания.

Жесткая система прижима брусков к обрабатываемой поверхности дает возможность исправить погрешности геометрической формы и получить нужную точность формы и рельефа обработанного отверстия. При хонинговании в резании одновременно участвует большое количество активных зерен, а скорость резания и давление инструмента на обрабатываемую поверхность здесь значительно ниже, чем при шлифовании.

В процессе хонингования абразивные бруски снимают припуск 0,01–1,0 мм и более. Удаляются гребешки, микронеровности и слой основного

металла. В пределах снимаемого припуска обеспечивается исправление погрешностей предыдущих операций в виде конусообразности, седлообразности и бочкообразности. Параметр шероховатости поверхности R_a после хонингования находится в пределах от 2,5 до 0,16 мкм.

Суперфиниширование представляет собой процесс отделочной обработки поверхностей деталей мелкозернистыми абразивными брусками, совершающими колебательное движение. Этот процесс главным образом применяется для уменьшения микро- и макронеровностей, снятия дефектного слоя и увеличения опорной поверхности обрабатываемой детали. Суперфинишированием уменьшаются значения параметра шероховатости поверхности R_a в пределах от 0,32 до 0,05 мкм, не исправляя погрешностей формы обработанной поверхности от предшествующей обработки (тонкое точение, шлифование, хонингование).

Рассмотрим способы обработки поверхностей деталей свободным абразивом: доводкой, полированием.

Вопросам обработки деталей абразивной доводкой посвящены работы И.В. Гребенщикова, Н.И. Богомолова, М.Н. Семибратова, А.А. Маталина, П.И. Ящерицина, П.П. Панасова, П.Д. Дудко, З.И. Кременя, В.Н. Морозенко, П.Н. Орлова, Бельби, Пурше и других.

П.Н. Орлов считал, что физико-химические процессы при доводке сопровождаются образованием окисных пленок. Преобладание какого-либо вида разрушения обусловлено физико-механическими свойствами обрабатываемого материала детали и притира, природой и зернистостью абразива, геометрией зерна, свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ), динамическими параметрами процесса доводки – величинами и законом изменения давления, скорости и ускорения в процессе движения детали относительно рабочей поверхности притира.

П.П. Панасов, анализируя процесс доводки, предлагает выделить и рассматривать химико-механическую теорию, механическую теорию, теорию оплавления тончайших поверхностных слоев и комбинированную.

Сущность химико-механической теории И.В. Гребенщикова заключается в образовании окисных пленок под действием химически активных веществ и механического удаления – отрывания окисных пленок с поверхности металла изделия полирующими порошкообразными материалами (абразивы: крокус, окись хрома, окись алюминия, окись кремния и т.д.). Окисная пленка поверхностей детали и полировальника способна к адсорбции молекул смазывающих веществ пасты, причем кислотные части молекул располагаются у поверхности изделия и инструмента, а жирные – снаружи. Абразивы, адсорбируя жирные части молекул, срывают окисные пленки в местах контакта с обрабатываемой поверхностью. Открывшиеся места поверхности металла вновь покрываются окислами с последующим их срывом.

Согласно механической теории, предложенной Л.В. Шубниковым, при доводке твердых тел основным является влияние элементарных механических процессов, в результате которых разрушается материал и формируется поверхностный слой обработанных деталей.

При доводке твердых тел происходит скалывание и отрывание частиц, отделение стружки и наклеп – упрочнение обработанной поверхности материала вследствие пластических деформаций. В твердом теле при механической обработке в зависимости от условий воздействия абразива возникает упругое и пластическое деформирование или происходит пластическое или хрупкое разрушение. Характер разрушения зависит от скорости деформации твердого тела. Хрупкое разрушение твердого тела наблюдается при скорости воздействия, большей некоторой величины. Скрытое хрупкое разрушение приводит к образованию микротрещин, что предшествует явному разрушению материала.

Теория оплавления тончайших поверхностных слоев металла, которые выравниваются под влиянием сил поверхностного натяжения и, охлаждаясь, становятся аморфными, не получила широкого развития. И.В. Гребенщиков, считает, что процесс доводки едва ли способствует созданию условий, необходимых для такого оплавления, т.к. доводка ведется с обильной смазкой.

Согласно теории пластической деформации в поверхностных слоях под действием абразивных зерен металл течет, проявляется перераспределение его и заполнение впадин неровностей. В результате доведенная поверхность становится чистой и гладкой.

Сторонники комбинированной теории считают, что процесс доводки сопровождается химическими и механическими явлениями, а также пластическими деформациями. На это обращают внимание П.И. Ящерицин и П.П. Панасов, которые предложили гипотезу, что доводка (притирка) свободным абразивом – сложный процесс резания и снятия поверхностных слоев металла, сопровождающийся быстрым окислением. Стружка, полученная автором, состояла из 97% неокисленного металла и 3% окислов. Это позволило сделать вывод, что основное значение при доводке имеют пластические деформации и резание металла.

В современной литературе рассматривается множество технологических факторов, по-разному влияющих на процесс обработки свободным абразивом. К основным факторам относятся материал и зернистость абразива, материал и конструкция притира, режимы обработки, материал обрабатываемой детали.

Материал абразива при обработке оказывает существенное влияние как на съем металла, так и на шероховатость поверхности. Поэтому многие исследователи применяли разные микропорошки и при этом изучали влияние различных ПАВ на этот процесс.

Основным абразивным материалом для обработки является электрокорунд нормальный, электрокорунд белый, карбид кремния зеленый. За последнее время промышленностью освоен выпуск новых абразивных материалов (алмаз синтетический, кубический нитрид бора и титанистый электрокорунд), которые по физико-механическим свойствам превосходят все ранее известные материалы [7]. Однако, отсутствие рекомендаций по составам паст и технологическому воздействию ограничивает их эффективное использование.

При обработке материалов средней твердости, наибольшее применение нашел электрокорунд, обладающий способностью хорошо дробиться. Он дает возможность получить шероховатость поверхности с параметрами от 0,08 до

0,16 мкм по R_a . Однако производительность обработки порошками из электрокорунда невысока.

С.М. Кедров и Н.И. Богомолов рекомендуют вести доводку абразивными микропорошками, размеры зерен которых не более 28 мкм. Обработка более крупными зернами не приводит к заметному повышению производительности, вызывая резкое возрастание высотных параметров шероховатости поверхности.

С.М. Кедров [8] считает, что меньший съем металла получается при использовании микропорошков мелких фракций М3/2, больший съем - микропорошков М7/5, М28/20. Увеличение размеров зерен в 10 раз дает повышение съема металла всего лишь в 1,3 – 1,4 раза.

Н.С. Каракулов установил, что с увеличением размера зерна электрокорунда белого от М7/5 до М20/14 шероховатость поверхности растет в 1,8 – 2,2 раза, а от М20/14 до 60/40 – в 1,1 – 1,2 раза.

Значительное место при обработке свободным абразивом занимает выбор наилучшего материала притира. По этому поводу нет единого мнения среди исследователей. При доводочных процессах общепринятым материалом многие считают чугун как наиболее износостойкий, легко поддающийся шаржированию. При доводке свободным абразивом наивысшую производительность показали притиры из стекла и чугуна. Латунные притиры обеспечивали примерно одинаковую шероховатость с чугунными притирами, но имеют в 5 раз больший износ, чем чугунные.

С.М. Кедров и Г.С. Беляев в своих работах показали, что на операциях окончательной доводки отверстий высокой точности в стальных закаленных деталях целесообразно применение притиров из мягкой стали. По сравнению с чугунными притирами стальные притиры, хотя и дают более низкую производительность и изнашиваются в 2 - 3 раза меньше, но в результате значительно повышают точность обработки.

Чугун следует использовать для тонкой доводки мелкозернистым абразивом, а медь и латунь – для грубых операций с крупным зерном.

Конструкция притира оказывает существенное влияние на точность и производительность процесса.

В настоящее время при доводке отверстий применяются различные притиры, имеющие форму гладких цилиндров или с различными канавками.

Изучением режимов резания при обработке свободным абразивом занимались многие исследователи. По данным И.Г. Космачева [9], с увеличением скорости резания производительность обработки возрастает пропорционально скорости, пока последняя не достигает 4 м/с. Дальнейшее увеличение ведет к снижению производительности, что связано с интенсивным дроблением абразивных зерен и удалением абразивной смеси с притира под действием центробежных сил. Точность размеров и формы доведенных поверхностей деталей при значительном увеличении скорости ухудшается вследствие образования жидкостного клина между деталью и притиром, а также из-за нагрева и температурных деформаций.

С увеличением давления и непрерывным ростом производительности доводки растут значения высотных параметров шероховатости поверхности. Дав-

ление является одним из основных факторов, при помощи которого можно регулировать величину снимаемого припуска в широких пределах. П.П. Панасов [10] рекомендует для стали твердости HRC52 принимать давление равным $(0,5 - 1,0) \cdot 10^2$ кПа, для стали HRC62 – $(2,5 - 5,0) \cdot 10^2$ кПа. М.Я. Щегал [11] рекомендует давление $(1,2 - 4,0) \cdot 10^2$ кПа, а Г.С.Беляев [12] – для закаленных сталей $(3,5 - 5,0) \cdot 10^2$ кПа, для латуни $5,5 \cdot 10^2$ кПа.

В.Н. Морозенко [13] установил, что при доводке с малыми давлениями можно получить матовую поверхность, обладающую повышенной износостойкостью. Образование её автор объясняет спецификой взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью. При малых давлениях не наблюдается торможение и шаржирование абразивных частиц и отсутствует массовое резание-царапание. Абразивные частицы, перекатываясь между поверхностями и соударяясь с ними, производят выкалывание микрочастиц материала и многократное упрочнение микроучастков. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по определению режимов обработки высокоточных деталей.

Способы обработки свободными абразивами разработаны сравнительно недавно и изучены меньше, чем методы обработки закрепленным абразивом. Нормативы выбора режимов обработки практически отсутствуют, а рекомендации противоречивы. В связи с этим важно рассмотреть физико-технологические особенности этих способов обработки. Наиболее распространенным процессом является полирование. Это механическое полирование, где преобладает механическое воздействие абразива на поверхность обрабатываемого металла. Обработка может осуществляться жестким полировальником, в результате чего неровности подвергаются пластическому деформированию. Полирование можно осуществлять эластичным полировальником с абразивной суспензией или пастой. При химическом полировании определяющую роль играет химическая реакция между раствором и обрабатываемым металлом. Для электрохимического полирования характерно протекание химических реакций между электролитом и обрабатываемым изделием под воздействием электрического тока.

Таким образом, механическое полирование поверхности осуществляется связанным и свободным абразивом. В первом случае инструментом служат абразивные ленты или полировальные круги с закрепленными абразивными зернами. Во втором случае обработка выполняется кругами и лентами, покрытыми полировальной пастой или суспензией. Полировальные операции трудоемки, особенно при обработке деталей сложной конфигурации.

Абразивное полирование давно известный и широко распространенный способ обработки незакрепленными абразивными частицами. Абразивные частицы удерживаются полировальником, который обеспечивает направленное перемещение рабочей среды. Существуют рекомендации по выбору материалов для полировальника, выбору абразивных частиц для рабочего состава, выбору поверхностно-активных веществ, выбору режимов обработки, однако эти данные не систематизированы и не всегда находят практическое применение. Сущность способа заключается в механическом воздействии на обрабатываемую поверхность шаржированных в полировальник и перекатывающихся зе-

рен, осуществляющих микрорезание, царапание и поверхностное микропластическое деформирование. Нами разработана классификация способов обработки по характеру воздействия на поверхность детали (рис. 1).

На основании анализа работ в области абразивной обработки разработана классификация способов абразивной обработки (рис. 2).

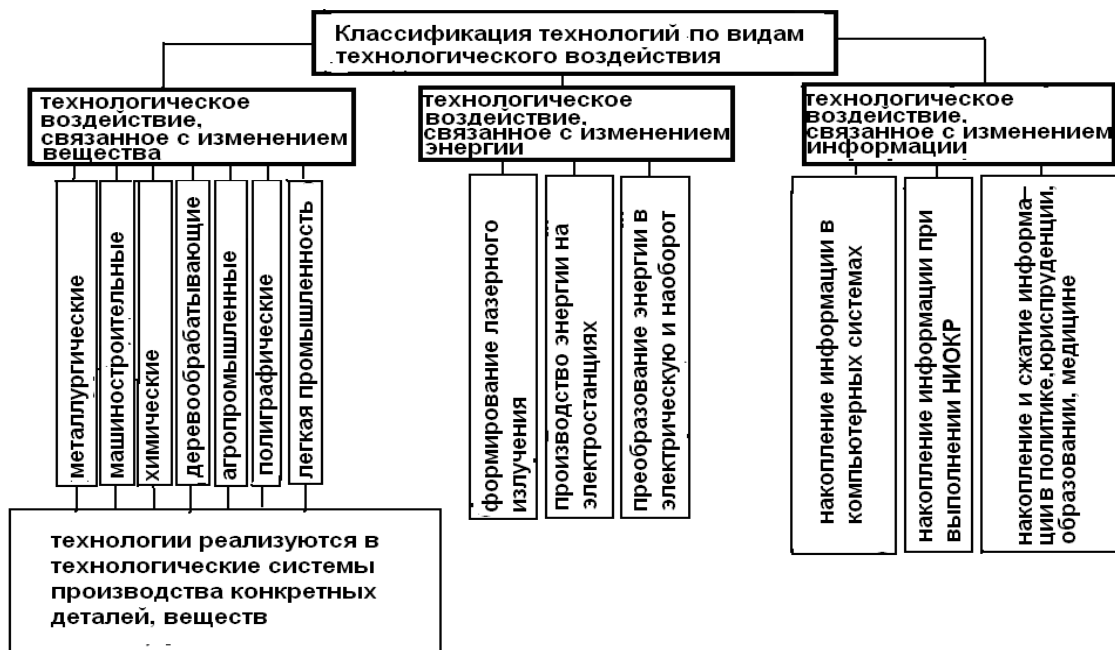


Рис. 1. Классификация технологий по характеру воздействия на предмет труда



Рис. 2. Классификация способов обработки свободными абразивами по характеру воздействия абразивной частицы

Выводы. 1. При обработке свободным абразивом эффективное смазывание поверхностного слоя обеспечивается при минимальных силовых воздействиях зерен – при полировании.

2. Классификация способов обработки показывает, что скопление абразивных частиц, участвующих в обработке, может состоять из наноразмерных величин зерен, и рабочая среда будет обладать иным характером воздействия на поверхностный слой.

Список литературы: 1. Бессонов А.Р. Измерение РВЭ с поверхности меди и цинка на начальных стадиях окисления / А.Р. Бессонов, Г.И. Олейников // Защита металлов. – 1971. – VII. – С. 2-6. 2. Ящерицын П.И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П.И. Ящерицын, А.Г. Зайцев. – Минск: Наука и техника, 1976. – 326 с. 3. Ипполитов Г.М. Алмазно-абразивная обработка / Г.М. Ипполитов. – М: Машиностроение, 1969. – 336 с. 4. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. – М: Машиностроение, 1974. – С. 21. 5. Якимов А. В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 5. 6. Медведев В. В. Отделочное хонингование / В.В. Медведев. – К.: Техника, 1973. – С. 5. 7. Справочник ИСМ. 8. Кедров С.М. Доводочные станки / С.М. Кедров // Станки и инструмент, 1952. – №89. – С.23-27. 9. Справочная книга по отделочным операциям в машиностроении / Под ред. И. Г. Космачева. – Л.: Лениздат, 1966. – С. 47. 10. Панасов П. П. Исследование процесса плоской притирки свободным абразивом: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Свердловск, 1957. – С.132-135. 11. Щегал М. Я. Доводка измерительных инструментов / М.Я. Щегал. – М.: Машгиз, 1947. – 427 с. 12. Беляев Г. С. Механическое притирание поверхностей / С.Г. Беляев // Вестник машиностроения, 1952. – №8. – С. 31-44. 13. Морозенко В.Н. Исследование процесса доводки и полирования металлов свободным абразивом: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Одесса, 1968. – С. 64-95.