

гий // Тезисы докладов Российской научно-технической конференции «Инновационные наукоемкие технологии для России». – СПб. – 1995. – С. 23

3. Кончиц В.В. Электропроводность точечного контакта при граничной смазке // Трение и износ. 1991, т.12, №2. – С. 267-277

4. Таратута Л.И., Сверчков Л.А., Прогрессивные методы ремонта машин. Минск. «Ураджай». 1975, 344с.

УДК621.923.04

Синькевич Ю.В.

МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Приведен анализ механических методов отделочно-зачистной обработки поверхности металлических заготовок. Показано, что при выборе метода следует учитывать многочисленные факторы такие, как конфигурация детали, требования к качеству и точности поверхности, производительности обработки, физико-механические свойства поверхностного слоя, величина припуска, возможное негативное влияние обработки на формирование дефектного слоя и другие, в частности, тип производства и его технологические возможности

Механические методы финишной обработки поверхности заготовок, удаления заусенцев и отделки кромок, получившие наибольшее распространение в мировой практике, могут быть объединены в четыре основные группы: обработка лезвийными инструментами, связанным и свободным абразивами и методы, основанные на пластическом деформировании поверхностного слоя. На отечественных и зарубежных предприятиях для механической отделочной обработки и подготовки поверхности металлических заготовок перед осаждением гальванических покрытий широко применяется шлифование абразивными и лепестковыми кругами, лентами и полимерно-абразивными щетками, в барабанных и вибрационных установках, струйная абразивная и гидроабразивная обработка, крацевание, виброобкатка, полирование лепестковыми кругами и лентами с полировочными пастами, полимерно-абразивными щетками, в барабанных и вибрационных установках и магнитно-абразивная обработка [1].

Шлифование эластичными абразивными кругами и лентами позволяет достичь шероховатости поверхности Ra 1,60–0,02 мкм, а последующее полирование с применением паст – Ra 0,05–0,012 мкм [2, 3]. Точность размеров при ленточном шлифовании цилиндрических поверхностей обеспечивается до 0,01 мм, плоскостей до 0,04 мм, фасонных поверхностей до 0,05–0,07 мм [3]. Круги изготавливаются из фетра, войлока, бязи, сукна, парусины, кожи, фибры или синтетических материалов. В качестве абразивного материала используется корунд, карбид кремния, цирконкорунд [4, 5]. При полировании применяют различные пасты. Наиболее универсальными, эффективными и недорогими пастами являются жировая, маршалитовая, крокусная, известковая и хромовая. Расход пасты типа ГОИ при полировании поверхности площадью 1 м² составляет 100–120 г при относительно невысоком съеме металла 0,07–0,40 мг/см²·мин. Однако применение паст усложняет последующее обезжиривание деталей, которое зачастую возможно только во вредных органических растворителях. При шлифовании происходит царапание поверхностного слоя заготовки со снятием особо тонких стружек. В связи с этим шероховатость шлифован-

ной поверхности зависит главным образом от режимов шлифования, нагрузки на абразивное зерно, физико-механических и химических свойств обрабатываемого материала и абразивных зерен [6]. На поверхности детали образуется тонкий слой пластически деформированного металла с растягивающими остаточными напряжениями. При неправильном выборе режимов обработки и характеристик шлифовального круга возможно быстрое засаливание круга и появление прижогов на обработанной поверхности [3, 7]. Кроме того, при шлифовании и полировании высока вероятность шаржирования обработанной поверхности частицами абразива. Шлифование и полирование с помощью кругов и лент трудоемко и зачастую выполняется с использованием ручного труда.

Обработка лепестковыми кругами обеспечивает достижение шероховатости поверхности Ra 0,63–0,02 мкм [5, 8]. В зависимости от режимов обработки в поверхностном слое возможно формирование как растягивающих, так и сжимающих остаточных напряжений при незначительной степени упрочнения [9]. Недостатками метода являются ограниченная применимость при обработке заготовок сложной конфигурации, низкая производительность и незначительная величина снимаемого припуска (0,02–0,05 мм).

Технология отделочно-зачистной обработки эластичными щетками на основе полимерно-абразивных волоконных композитов позволяет осуществлять операции полирования, снятия заусенцев, округления острых кромок, очистки поверхности от окалин, продуктов коррозии, оксидных пленок, лакокрасочных покрытий и подготовки поверхности под сварку и склеивание [10]. В зоне скольжения абразивных волокон щетки по обрабатываемой поверхности механизм работы полимерно-абразивной щетки аналогичен механизму работы абразивного круга. Каждое зерно, закрепленное в эластичном волокне, осуществляет абразивное воздействие на поверхность заготовки. Эффективность и качество обработки определяются силовым воздействием абразивных зерен и зависят от конструктивных особенностей инструмента, абразивных частиц, химического состава, физико-механических свойств полимерной связки, режимов обработки и площади контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью [11]. Метод обладает универсальностью и достаточно широкими технологическими возможностями, однако, имеет характерные недостатки – ограниченную применимость при обработке заготовок сложной конфигурации, низкую производительность и незначительную величину снимаемого припуска.

Менее трудоемкой является обработка заготовок в барабанных установках, куда они загружаются насыпью в большом количестве. Обработке подвергаются детали, не имеющие, как правило, жестких допусков. В зависимости от рабочей среды шероховатость поверхности может быть снижена с Ra 1,60–0,80 мкм до Ra 0,40–0,20 мкм [2]. В качестве рабочей среды при шлифовании применяют бой шлифовальных кругов, специальные абразивные керамические материалы пирамидальной формы (чипы) с добавлением корунда или карбида кремния, а также бой гранита, базальта, фарфора и другие. При полировании используют металлические и фарфоровые шарики и цилиндрики, пирамидальные пластиковые чипы, обрезки кожи, фетра, войлока, резины, кукурузные початки, древесные опилки и другие [4, 12]. Метод характеризуется высоким уровнем шума и достаточно большой продолжительностью обработки – от 2–4 часов до нескольких дней. Повышение эффективности обработки в барабанах достигается путем замены вращательного движения барабана вокруг одной оси на планетарное вращение или колебательные движения виброконтейнера. Производительность таких установок выше в 7–10 раз по сравнению с обычными барабанными установками [12]. Оптимизация геометрических размеров виброконтейнера в сочетании с дополнительными конструктивными элементами и оптимальной амплитудой колебаний позволяет повысить производительность и качество обработки.

Дополнительного повышения интенсивности обработки в контейнерных и барабанных установках можно достичь путем сочетания механического воздействия абразивного материала с химическим или электрохимическим воздействием рабочего раствора [2, 4, 12]. Кислая среда способствует разрыхлению и отделению от поверхности металла слоя оксидов, а щелочная среда смягчает режущее действие абразивов и облегчает удаление загрязнений. Добавки поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии повышают производительность и качество обработки. Существует большое количество составов растворов, обладающих специальными свойствами [12]. Для расширения технологических возможностей метода применяют наложение ультразвуковых колебаний в процессе обработки.

Струйно-абразивные методы обработки поверхности заготовок нашли широкое применение для решения разнообразных задач: удаления окалины и ржавчины, снятия заусенцев, зачистки швов после сварки и пайки, снижения шероховатости и матирования поверхности деталей, изготовленных из металлов, пластмасс и стекла, получения рисунков и надписей на любых материалах с применением шаблонов, сатинирования и других [4, 12]. Методы обеспечивают высокую производительность и экономичность обработки. Абразивным материалом служит кварцевый или металлический песок, стальная дробь, корунд, стеклянный порошок определенной формы, фруктовые косточки [2]. Струйно-абразивные методы имеют большое многообразие и подразделяются на абразивно-жидкостной, абразивно-центробежный, абразивно-пневматический, абразивно-электрический, абразивно-гравитационный, а также на комбинированные струйно-абразивные методы – абразивно-пневможидкостной, абразивно-жидкостно-центробежный и другие. К недостаткам струйно-абразивных методов относится необходимость проведения обработки в специальных герметичных установках, предотвращающих попадание вредной абразивной пыли в производственное помещение, а также невысокий ресурс работы оборудования при использовании суспензий, в которых абразив находится в жидкой среде во взвешенном состоянии, и высокий уровень шума. Кроме того, струйная абразивная обработка непригодна в тех случаях, когда требуется обеспечить высокую отражательную способность (блеск) обработанной поверхности.

Одним из методов механической финишной обработки поверхности является магнитно-абразивная обработка, позволяющая решать различные технологические задачи. Этим методом можно проводить отделочную и упрочняющую обработку различных по форме поверхностей, удалять заусенцы, округлять кромки, доводить режущие кромки инструментов с минимальным радиусом до 3–5 мкм, удалять химические пленки, окалину и другие [14, 15]. Снижение шероховатости поверхности заготовки из закаленной стали с Ra 0,3–0,6 мкм до Ra 0,04–0,08 мкм сопровождается удалением припуска 4–5 мкм. При этом погрешность диаметральных размеров может составлять ± 1 –1,5 мкм [14]. Магнитно-абразивная обработка характеризуется многообразием кинематических схем, выбор которых зависит от формы и размера обрабатываемых заготовок. После обработки поверхностный слой обладает повышенной микротвердостью, износо- и коррозионной стойкостью. В нем формируются сжимающие остаточные напряжения [13]. К недостаткам метода относятся его ограниченная универсальность, большая вероятность шаржирования поверхности и существенное влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на результаты обработки.

Крацевание с помощью проволочных или волосяных щеток применяется для очистки поверхности от различных загрязнений, снятия заусенцев и сглаживания шероховатости поверхности. При крацевании происходит субмикрорезание в зоне контакта проволочной щетки с поверхностью заготовки, обеспечивающее снижение шероховатости поверхности до Ra 1,5–0,3 мкм [16]. При определенных условиях обработки можно обеспечить высокое качество отделки поверхности (Ra 0,16–0,063 мкм). К недо-

статкам метода следует отнести низкую режущую способность щеток и малую величину снимаемого припуска (до 0,02 мм), а также повышенную волнистость обработанной поверхности. При иглофрезеровании с использованием металлических щеток с плотной набивкой обеспечивается шероховатость поверхности на уровне Ra 2,6–0,26 мкм при съеме металла 0,01–0,1 мм [8, 17]. Метод позволяет одновременно с зачисткой поверхности обеспечить ее отделку и упрочнение. К недостаткам метода можно отнести невысокую точность обработки и ограниченную применимость при обработке заготовок сложной конфигурации.

Метод вибрационного обкатывания основан на пластическом деформировании поверхностных слоев металла шариком или алмазным наконечником, вдавливаемым в обрабатываемую поверхность и совершающим сложное движение относительно поверхности, в результате чего на ней формируется характерный микрорельеф [18]. Метод применяется для обработки плоских поверхностей и поверхностей сложной конфигурации деталей из различных металлов и сплавов и позволяет одновременно с декоративной отделкой поверхности произвести ее упрочнение. Однако, метод обладает невысокой производительностью обработки и имеет ограничения по конфигурации и размерам обрабатываемых поверхностей [8].

Таким образом, при выборе метода механической отделочно-зачистной обработки поверхности металлических заготовок следует учитывать многочисленные факторы такие, как конфигурация детали, требования к качеству и точности поверхности, производительности обработки, физико-механические свойства поверхностного слоя, величина припуска, возможное негативное влияние обработки на формирование дефектного слоя и другие, в частности, тип производства и его технологические возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синькевич, Ю.В. Электроимпульсное полирование сплавов на основе железа, хрома и никеля / Ю.В. Синькевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – 324 с.
2. Грилихес, С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов / С.Я. Грилихес; под ред. П.М. Вячеславова. – Л.: Машиностроение, 1983. – 101 с.
3. Ящерицын, П.И. Чистовая обработка деталей в машиностроении: учебное пособие / П.И. Ящерицын, А.Н. Мартынов. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 191 с.
4. Гальванотехника: справ. изд. / Ф.Ф. Ажогин [и др.]. – М.: Металлургия, 1987. – 736 с.
5. Гамма шлифовального и полировального инструмента – втулки, круги, головки, валики, мини-диски и др. WENDT // РАЛ-Инфо [Электронный ресурс]. – 2005–2011: – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/work/168/5619/5678/6746>. – Дата доступа: 18.09.2017.
6. Фельдштейн, Е.Э. Управление формированием качества поверхности деталей при механической обработке / Е.Э. Фельдштейн, И.Л. Баршай, В.К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2006. – 227 с.
7. Мрочек, Ж.А. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин: Учеб. пособие / Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, И.П. Филонов. – Минск: Технопринт, 2000. – 268 с.
8. Баршай, И.Л. Обеспечение качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей машин при обработке в условиях дискретного контакта с инструментом / И.Л. Баршай. – Минск: Технопринт, 2003. – 244 с.
9. Гдалевич, А.И. Финишная обработка лепестковыми кругами / А.И. Гдалевич. – М.: Машиностроение, 1990. – 111 с.
10. Устинович, Д.Ф. Классификация методов обработки полимерно-абразивными волоконными композитами / Д.Ф. Устинович // Машиностр. и техносфера XXI века: сб. трудов XI междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 13–18 сент. 2004 г.: в 5 т. / Донецк: ДонНТУ. – 2004. – Т. 3. – С. 198–200.
11. Проволоцкий, А.Е. Повышение производительности процесса обработки полимер-абразивными инструментами / А.Е. Проволоцкий, С.Л. Негруб, Д.А. Старостин // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междун. сб. науч. трудов. – Донецк: ДонНТУ. – 2005. – Вып. 32. – С. 193–200.

12. Оборудование для виброшлифовки, струйной обработки и др. WALTER TROWAL // РАЛ-Инфо [Электронный ресурс]. – 2005–2011: – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/work/168/5619/5678/5786>. – Дата доступа: 18.09.2017.
13. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
14. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под общ. ред. В.А. Волосатова. – Л.: Машиностроение, 1988. – 719 с.
15. Михайлов, А.Н. Формирование технологической зоны при магнитно-абразивной обработке сложных пространственных поверхностей / А.Н. Михайлов, А.В. Пелих // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междун. сб. науч. трудов. – Донецк: ДонНТУ. – 2007. – Вып. 34. – С. 157–162.
16. Одинцов, Л.Г. Применение проволочных инструментов / Л.Г. Одинцов // Технология автомобилестроения. – 1982. – № 5. – С. 6–10.
17. Баршай, И.Л. Формирование шероховатости поверхности при иглофрезеровании / И.Л. Баршай, С.П. Гончаров // Машиностроение: республ. сб. науч. трудов – Минск: БНТУ. – 2007. – Вып. 22. – С. 356–358.
18. Шнейдер, Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулируемым микрорельефом / Ю.Г. Шнейдер. – Л.: Машиностроение, 1982. – 248 с.

УДК 621.794

Синькевич Ю.В.

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Приведены преимущества и недостатки процесса химического полирования металлов и сплавов. На основании анализа литературных источников показано, что механизм химического полирования имеет электрохимическую природу, основанную на коррозионных процессах. Съём металла осуществляется за счет анодного растворения металлов и компонентов сплавов по механизму комплексообразования в условиях диффузионных ограничений.

В современном машиностроительном производстве большое внимание уделяется новым высокоэффективным методам финишной обработки, обеспечивающим наряду со снижением трудоемкости изготовления деталей повышение качества и эксплуатационных характеристик поверхности. Широкое применение коррозионноустойчивых, жаропрочных, магнитных и других высоколегированных сталей и сплавов, обработка которых механическими методами затруднена или невозможна, вызывает необходимость использования в технологических процессах изготовления деталей электрофизических и электрохимических методов обработки. К электрохимическим методам финишной обработки, основанным на анодном растворении поверхности заготовки, в частности, относится химическое полирование [1–3]. В зависимости от поставленных задач и толщины слоя металла, снимаемого при химическом полировании, различают [1]:

- глянецование с приданием поверхности блеска и выравниванием субнеровностей профиля при толщине снимаемого слоя менее 1 мкм,
- полирование – сглаживание неровностей профиля поверхности при толщине снимаемого слоя от 1 до 10 мкм,
- шлифование (химический ремонт), при котором толщина снимаемого слоя составляет от 10 до 200 мкм и более с одновременным сглаживанием шероховатости поверхности.