

УДК 004.65

МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ЗАУСЕНЦЕВ

А. Д. ГАЛИМОВА¹, Р. Д. АГЗАМОВ², И. И. ЯГАФАРОВ³

¹⁻³ aliyaa.galimova@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам исследования процесса удаления заусенцев с поверхности деталей. Выявлены наиболее функционально и практически значимые факторы, влияющие на активность процесса обработки. Рассмотрены возможные варианты обработки деталей разными методами: электрохимический метод удаления заусенцев, ультразвуковой, термический, метод удаления заусенцев замораживанием и магнитный метод. Приведены сущности этих процессов, их сравнение по трудоемкости, по оборудованию. Сформулированы технологические рекомендации удаления заусенцев с труднодоступных внутренних поверхностей, в том числе пересекающих каналах малого диаметра и притупления острых кромок.

Ключевые слова: удаление заусенцев; финишная обработка; труднодоступные внутренние поверхности, продольное точение, автоматизация слесарной обработки; ЭХУЗ; ТУЗ.

ВВЕДЕНИЕ

В машиностроении не редко используются различные методы обработки поверхностей деталей. Чтобы достичь нужной точности на современных предприятиях используют идущим в ногу со временем технологиями.

При изготовлении деталей и узлов машин значительную трудоемкость составляют операции механической обработки, которые приводят к появлению дефектов – острых кромок и заусенцев. Острые кромки являются концентраторами напряжений, которые в последствии могут разрушить саму деталь.

Обычно, заусенцы убирают с помощью вспомогательных операций - слесарной или притирочной. В большинстве случаев используют ручные инструменты - напильники или шлифовальные шкурки, различные пасты и абразивные круги. Деталь помещают на токарный станок, где рабочий закрепляет элемент в патрон, включает станок, деталь начинает вращаться, и он «убирает» заусенцы и неровности с поверхности с помощью шкурки. Этот способ приводит к истощению поверхностного слоя покрытия и к негодности обрабатываемой детали. Качество поверхности зависит от: квалификации рабочего, качества инструмента, точности оборудования. Трудоемкость остается высокой. Чтобы избежать большой траты времени и сил проведем анализ различных методов удаления заусенцев, позволяющий обрабатывать детали различной конфигурации, размеров.

Задачей данной работы является изучение различных методов удаления заусенцев, выявление наиболее перспективных, их сравнение. В статье рассмотрим: электрохимический метод удаления заусенцев, термический метод, удаление заусенцев путем замораживания, ультразвуковой и магнитные методы.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ (ЭХУЗ)

Под электрохимической обработкой (ЭХО) понимают процесс получения из заготовки детали требуемой формы размеров за счет анодного растворения металла [1].

Растворение металла при электрохимической обработке происходит в процессе электролиза по закону Фарадея. Закон показывает, что количество снятого металла пропорционально силе тока и времени обработки [2].

Этот метод может иметь определенные побочные эффекты, поскольку электролит является коррозионным, и вблизи заусенца также подвергается воздействию электролиза, поверхность теряет блеск и даже это влияет на точность размеров. В результате, после электролизного удаления заусенцев заготовка должна быть зачищена и очищена от ржавчины.

Эффективность производства высокая, а операция обычно занимает от нескольких секунд до десятков секунд.

Электрохимическое удаление заусенцев (ЭХУЗ) – это локальный процесс удаления заусенцев, использующий электрическую энергию для удаления заусенцев в конкретном месте на детали – в отличие от термического удаления заусенцев (ТУЗ), при котором обработка подвергается вся деталь полностью. Обрабатываемая деталь устанавливается на немаetalлическое основание и в непосредственной близости к заусенцу располагается электрод. Деталь – анод, заряжается положительным зарядом, а электрод – отрицательно заряженный катод. В зазор между заусенцем и электродом под давлением подаётся раствор электролита. Перед включением самого процесса поток электролита удаляет с поверхности детали налипшую или не до конца сошедшую стружку, которая может вызвать короткое замыкание на деталь и повредить таким образом её поверхность, а также оснастку или оборудование. При растворении заусенца формируется контролируемый радиус. ЭХУЗ имеет абсолютно превосходную повторяемость от детали к детали, от партии к партии. На рис. 1 иллюстрируется процесс электрохимического удаления заусенцев. Обработка будет происходить при все увеличивающемся зазоре a с понижением производительности.

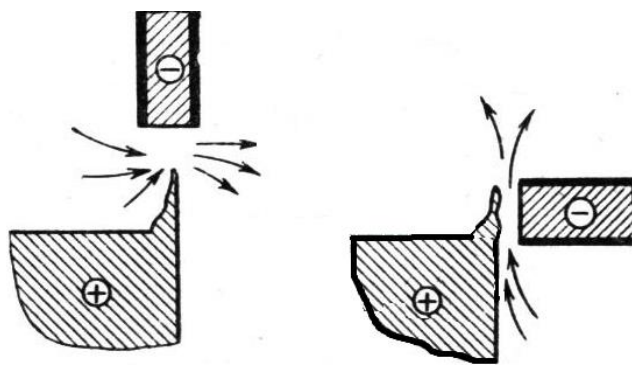


Рис. 1. Схема электрохимического удаления заусенцев с поверхности детали.

При ЭХУЗ происходит изменение размеров детали, но только в том смысле, что при удалении заусенца остаётся заданный радиус. Такое изменение размера детали обычно является желательным и заранее планируется. ЭХУЗ обрабатывает только те участки поверхности детали вблизи от электрода, которые необходимо обработать – при условии, что была тщательно продумана и правильно использована крепёжная оснастка.

Применение. ЭХУЗ эффективен на всех токопроводящих материалах. Вот основные преимущества при использовании ЭХУЗ: стабильная себестоимость производства; возможность отказаться от дорогого и неэффективного ручного труда; стабильность удаления заусенцев с каждой детали; снижение производственных затрат; повышение качества и надёжности изделий.

Кроме того, ещё одним важным преимуществом метода ЭХУЗ является как раз тот самый контролируемый радиус. Именно он может быть решением проблемы удаления заусенцев и острых кромок с внутренних диаметров пересекающихся отверстий в клапанах.

Ограничения в применении электрохимического удаления заусенцев. Как уже отмечалось, ЭХУЗ применяется для всех токопроводящих материалов. Отсюда главное ограничение: пластик обработать этим методом невозможно. Прочие ограничения не настолько категоричны, а являются ограничениями лишь по размерам заусенцев и обрабатываемой детали. По размерным ограничениям решение остаётся за технологами: только после тщательного рассмотрения всех параметров детали инженер может судить о том, возможно ли применение ЭХУЗ, и какова его целесообразность. Последнее ограничение касается конструкции крепёжной оснастки. Может потребоваться сложная и дорогая оснастка, поэтому до принятия решения о целесообразности применения ЭХУЗ необходимо бывает выполнить немало расчётов и испытаний [1].

ТЕРМИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ (ТУЗ)

Термическое удаление заусенцев – это производственный процесс, использующий тепловую энергию для удаления заусенцев.

Детали перед операцией ТУЗ должны быть тщательно очищены от следов СОЖ и т.п. Детали помещаются в толстостенную камеру из стали. При помощи коленно-рычажного механизма камера герметично закрывается с усилием 250 тонн. В герметично запёртую камеру под давлением закачивается горючая газовая смесь, обычно это метан и кислород. Затем при помощи электрического зажигания газовая смесь воспламеняется, происходит мощный взрыв. При взрыве за доли секунды выделяется большое количество тепла, температура достигает нескольких тысяч градусов по Фаренгейту. Эта тепловая энергия атакует все тела, имеющие высокий коэффициент отношения площади поверхности к массе тела. Заусенцы быстро окисляются и в результате чего получаем край материала без него.

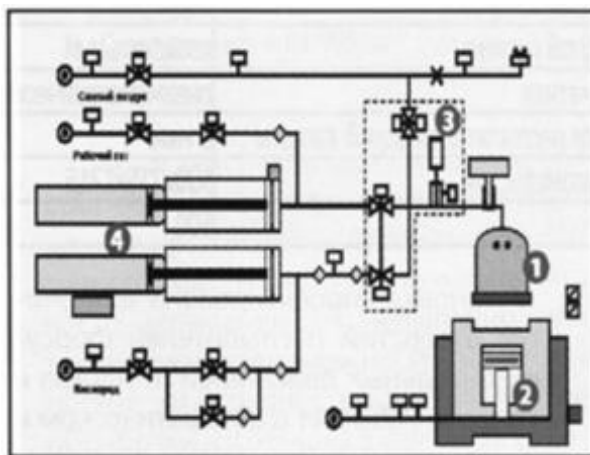


Рис. 2. Принципиальная схема установки для снятия заусенцев термоимпульсным методом.

Технологически обработка деталей включает последовательное выполнение следующих операций:

- подача деталей в рабочую камеру (1);
- приготовление смеси газов (природный газ, кислород, воздух) определенного количественного состава, обеспечиваемого автоматически блоком (3);
- подача газовой смеси в рабочую камеру системой гидроцилиндров (4);
- сжатие газовой смеси в рабочей камере до давления в интервале 5–28 бар с помощью гидроцилиндра (2);
- воспламенение газовой смеси в камере с деталями;
- возврат гидроцилиндра (2) в исходное положение, разгерметизация камеры и выгрузка деталей с одновременной загрузкой следующей партии [3].

Воспламенение и сгорание газов происходит за очень короткое время и носит характер вспышки («взрыва»). В результате в объеме камеры генерируется мощный кратковременный импульс тепловой энергии (2500–3500 °С), сжигающий заусенцы. Поэтому нужна оснастка, чтобы предотвратить ударное повреждение критичных поверхностей и кромок. Продуктом этой реакции будет оксид. Место его локализации там, где был заусенец. Обычно оксид требуется удалять с поверхности детали. После ТУЗ могут понадобиться сложные операции по его удалению, с использованием специального оборудования и помещения для утилизации промывочной жидкости и реагентов. Если же детали должны быть подвергнуты анодированию, покрытию, термообработке, то обычно оксид не требует удаления.

Основными преимуществами ТУЗ в разных отраслях являются: стабильная себестоимость, возможность отказаться от дорогого и неэффективного ручного труда, стабильность качества каждой детали, снижение производственных затрат, повышение качества и надёжности изделий. Не страдает также и качество резьб, поскольку нитка резьбы широкая в основании, и тепло легко переходит в основной материал детали. Но и без недостатков тут не обойтись: особо крупные заусенцы могут остаться, если мелкие заусенцы удалены. Если это происходит, то не полностью «сожжённый» крупный заусенец остаётся в виде частиц наплава на поверхности детали. Эти частицы могут быть связаны с поверхностью материала, особенно внутри детали. Частично окисленный заусенец очень похож на брызги металла при сварке, которые, естественно, нужно удалить.

Применение ТУЗ. ТУЗ широко используется в производстве промышленных винтов, также применяется в литье под давлением алюминия или цинка. Инженеры, занятые в процессе получения деталей методом литья под давлением или литья в кокиль, обычно озабочены удалением заусенцев и облоя с деталей.

Ограничения. Поглощение тепла и окисление – могут не действовать в материалах, плохо поддающихся окислению либо имеют излишне высокую теплопроводимость (то есть когда заусенец принимает тепло и быстро передаёт его материалу детали). Иногда лучшего результата помогает достичь повышение уровня передаваемой энергии, например, это бывает необходимо для медных сплавов и нержавеющей сталей. Традиционно, эти два материала не всегда легко обрабатываются. Говоря об ограничениях ТУЗ, нельзя обойти, к сожалению, магний. Для этого материала всё, что может напоминать заусенец, будет уничтожено без остатка [4].

УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ ПУТЕМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Метод основан на использовании перепада температур для быстрого охрупчивания заусенцев, а затем распыления гранул для их удаления. Замораживающий метод удаления заусенцев подходит для изделий с меньшей толщиной стенки грата и меньшей заготовки.

Процесс. Процесс заключается в переворачивании и / или абразивно-струйной обработке деталей при криогенных температурах. Низкие температуры (приблизительно -195 ° С достигаются с использованием жидкого азота, жидкого диоксида углерода или сухого льда. Эта низкая температура приводит к тому, что материал становится ниже его температуры охрупчивания, что приводит к легкому удалению заусенцев или заусенцев путем переворачивания или струйной очистки. Этот процесс применяется с 1960-х годов для удаления зазоров из пластика и резины. Общие материалы, которые обычно подвергаются криогенному удалению заусенцев с помощью абразивно-струйной среды, включают ПЭЭК, нейлон, тефлон, делрин, полипропилен, поликарбонат, ацеталь, ПТФЭ, ПЭТ, ПЭВП, ПВХ, АБС и многие другие [5].

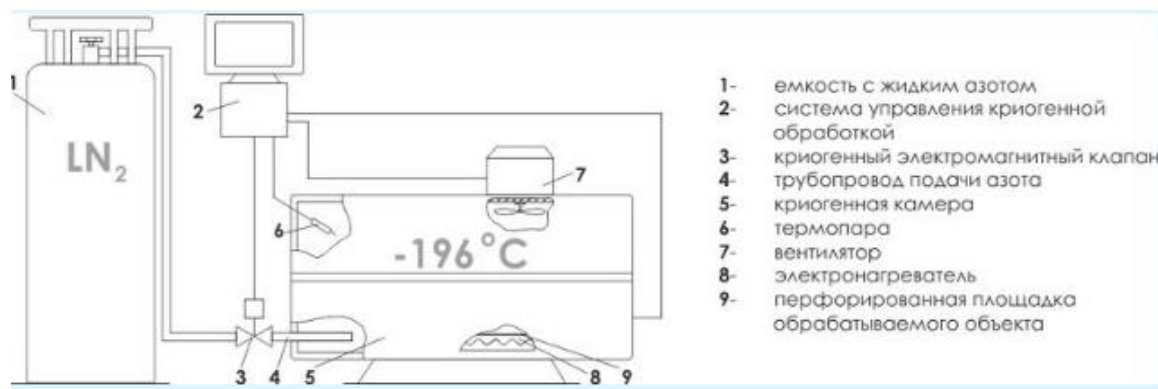


Рис. 3. Принципиальная схема камеры для криогенной обработки.

Преимущества. Криогенное удаление заусенцев дает различные преимущества: процесс поддерживает целостность деталей и критические допуски, поскольку это пакетный процесс, цена за штуку намного меньше, за заданный промежуток времени можно обработать гораздо больше деталей, криогенное удаление заусенцев продлевает срок службы пресс-формы. Это типично для деталей, отлитых в конце срока службы изделия, процесс управляется компьютером, поэтому из него исключена переменная, связанная с оператором-человеком, криогенное удаление заусенцев не является абразивным.

Сегодня многие формовочные предприятия используют криогенное удаление заусенцев вместо восстановления или ремонта пресс-форм на изделиях, срок службы которых подходит к концу. В других случаях криогенное удаление заусенцев оказалось эффективной технологией, позволяющей экономично производить высококачественные и высокоточные детали, изготовленные из самых современных материалов и соединений.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ

Под ультразвуковой технологией понимается совокупность промышленных методов обработки материалов, в которых используется воздействие энергии ультразвука как на вещество, так и на характер физико-химических процессов [1].

Ультразвуковая кавитация – это основной действующий фактор в значительной части ее практического применения. Использование явления кавитации предусматривает многие технологические процессы, применяемые в промышленности. В значительной степени это характерно и актуально при использовании кавитации в технологиях удаления заусенцев с поверхностей различных материалов после механической обработки, особенно деталей сложной формы и небольших размеров.

Сущность процесса. Сущность ультразвуковой очистки сводится к сочетанию действия больших ускорений на границе раздела «жидкость—твердое тело» и кавитации, вызывающих разрушение поверхностного слоя, содержащего загрязнения и эмульгирование жировых примесей. Составы для ультразвуковой очистки должны эффективно растворять, разрыхлять и разрушать пленки загрязнения. Кроме того, они должны быть взрыво- и пожаробезопасными и иметь низкую стоимость [6].

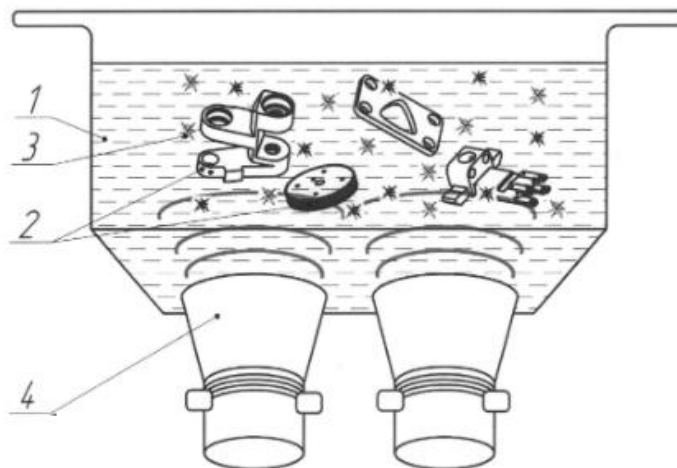


Рис. 4. Принципиальная схема камеры для ультразвуковой обработки:

1 – рабочая жидкость; 2 – детали; 3 – зерна абразива;
4 – установка для генерации ультразвуковых колебаний.

Немаловажное значение для усиления эрозионной активности, кроме повышения статического давления, имеет введение в состав рабочей жидкости абразивных частиц. Зерна абразивного материала способствуют разрушению и отделению заусенцев. Кроме этого, они притупляют острые кромки деталей. Наибольшую роль в эффективности эрозии играет скорость частиц, которая напрямую зависит от скорости акустических потоков. Так, при обычном давлении их скорость составляет 500 мм/с, а при повышенном статическом давлении она может достигать сверхзвуковых пределов, при этом они могут перемещаться в жидкости на несколько микрометров. Прочность сцепления заусенца с основой детали значительно ниже прочностных характеристик самого материала, поэтому заусенец неизбежно отделится от детали раньше, чем начнет разрушаться ее поверхность, благодаря его низкой адгезионной и когезионной прочности, а также более высокой концентрации парогазовых пузырьков в зоне его нахождения [6].

Преимущества. Использование технологии УЗО дает целый ряд преимуществ: высокая точность; используется в основном для удаления микроскопических заусенцев, которые можно наблюдать только через микроскоп.

Недостатки. Широкому применению данного метода пока препятствует и ряд недостатков. В основном они связаны с технологической сложностью организации процесса. Кроме того, ультразвуковая обработка деталей требует обеспечения дополнительных операций, среди которых доставка абразивного материала к рабочей зоне и подключение оборудования для водяного охлаждения. Эти факторы могут повышать и стоимость работ. Дополнительные ресурсы требуются не только на обеспечение функции основных агрегатов, но также и на функционирование систем предохранения и токосъемников, передающих электрические сигналы.

МАГНИТНОЕ УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ

Более удобным методом является магнитное удаление заусенцев, при котором используются магниты и среда из нержавеющей стали для полировки и удаления заусенцев с деталей без нарушения допусков или повреждения.

Дно пластикового контейнера станка для удаления заусенцев сначала покрывается штифтами из нержавеющей стали, а затем добавляются детали, подлежащие снятию заусенцев, вместе с раствором для их удаления — представляющим собой смесь мыла и воды, которая помогает приостановить штифты во время процесса. Затем машина включается. Магнитный диск в машине под контейнером постоянно меняет полярность, приводя в движение штифты с эффектом водоворота. Это создает «чистящее» действие, которое

полирует детали и удаляет заусенцы, но не повреждает деталь. После завершения цикла снятия заусенцев детали отделяются от штифтов через сетчатый фильтр.

Преимущества магнитного удаления заусенцев. Одним из самых больших преимуществ магнитного снятия заусенцев является экономия времени в процессе удаления заусенцев. Кроме того, магнитный процесс позволяет одновременно удалять заусенцы и полировать детали, а поскольку в качестве носителя используются штифты из нержавеющей стали, не остается следов, как при других процессах удаления заусенцев, поэтому вторичная очистка детали не требуется. Крошечные штифты из нержавеющей стали, используемые в процессе, также могут достигать областей детали, недоступных другим падающим средам (например, камням), а магнитное действие гарантирует, что штифты не застревают в детали, как это иногда бывает с камнями. Магнитное удаление заусенцев также позволяет удалять заусенцы в таких областях, как глухие, сквозные и поперечные отверстия или резьбовые элементы, которые не могут быть выполнены традиционными способами удаления заусенцев.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ НА ПРИМЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНКОВ

В табл. 1 были рассмотрены разные виды оборудования для каждого из методов удаления заусенцев. Представленные модели российского производства.

Таблица 1

Наименование метода	Модель оборудования	Вместимость камеры/размеры рабочей поверхности стола
Электрохимический	ET6000-3D	450x400
Термический	Pulsar VKF-3.250	250 x 250 x 270
Криогенный	КП-0,5	1200 x 700 x 600
Ультразвуковой	AM50 U	300x415x365
Магнитный	HD-735	Ø350 x 160

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены различные методы снятия заусенцев деталей на финишной обработке. Анализ показал, что эффективность снятия заусенцев ручным трудом человека будет не высокой, сложнее будет подобраться к труднодоступным местам. Делая выводы по каждому из методов, отметим плюсы и минусы:

- Электрохимический метод хоть и повышает качество изделий и снижает производственные затраты, но имеет дорогую оснастку и используется исключительно для токопроводящих материалов.
- Термический метод имеет быстрый результат за счет химической реакции. Но оставляет после себя оксидную пленку на поверхности, а также если заусенец был слишком большим – наплавку.
- Криогенный способ является противоположностью термического метода. Продлевает срок службы пресс-формы и сохраняет целостность деталей.
- Ультразвуковой метод подходит для небольших деталей, имеет большую энергозатратность, стоимость подключения оборудования высока. Позволяет обрабатывать детали из хрупкого сплава.
- Магнитный метод несмотря на задачу удаление заусенцев одновременно и шлифует детали, даже в труднодоступных местах, за счет иголок или штифтов.

Также был проведен анализ по вместимости рабочей камеры/стола, времени обработки и температуры обработки, данные приведены в табл. 1

Каждый метод по-своему уникален, и для каждого производства – серийного, единичного и массового найдется свой. С каждым годом люди открывают все больше различных

технологий, позволяющие обрабатывать материалы более точно, не теряя при этом время и стоимость самой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев М.Г., Мрочек Ж.А., Дроздов А.В. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов. М.: ИНФРА-М, 2014. 389 с. [Kiselev M.G., Mrochek J.A., Drozdov A.V. Electrophysical and electrochemical methods of processing materials. M.: INFRA-M, 2014. 389 p.]
2. К вопросу об электрохимической обработке металлов / В. Г. Козлов [и др.] // СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В АПК Материалы международной научно-практической конференции. тр. конф. М.: Воронежский ГАУ, 2017. С. 88-91. [On the issue of electrochemical processing of metals / V. G. Kozlov [et al.] // MODERN SCIENTIFIC and PRACTICAL SOLUTIONS IN AGRICULTURE Materials of the international scientific and practical conference. tr. conf. M.: Voronezh State University, 2017. pp. 88-91.]
3. John Halladay. [Электронный ресурс]. URL: <http://stankoforward.ru/tehnologii-udaleniya-zausencev> (2016). [I.V. Sitnikov, D.A. Maksimov, V.N. Batrakov, Yu.A. Boronnikov. Development of heat-resistant thermal barrier coating for GTE and GTU parts / Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Aerospace engineering. 2022. 68. pp. 5-10]
4. Карлина Ю.И., Каргапольцев С.К., Гозбенко В.Е. Перспективы применения термоимпульсного метода удаления заусенцев с малогабаритных высокоточных деталей коаксиальных радиокомпонентов сверхвысокочастотной микроэлектроники // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 65 № 1. – С. 8–13. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.1(65).8-13. [Karlina Yu.I., Kargapoltsev S.K., Gozbenko V.E. Prospects for the application of the thermopulse method of deburring from small-sized high-precision parts of coaxial radio components of ultrahigh frequency microelectronics // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2020. – vol. 65 No. 1. – pp. 8-13.]
5. Кокорин Н.А. Криогенные камеры [Электронный ресурс]. URL: https://cryotech.ru/products_and_services/section/15/. pdf. [Kokorin N.A. Cryogenic chambers].
6. Удаление заусенцев с поверхности деталей коммутационного оборудования в высокоинтенсивном ультразвуковом поле / А. Г. Пермяков [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 33–40. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).33-40. [Deburring from the surface of switching equipment parts in a highly intensive ultrasonic field / A. G. Permyakov [et al.] // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2019. – vol. 62, No. 2. – pp. 33-40.]

ОБ АВТОРАХ

ГАЛИМОВА Алия Дамировна, магистрант кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия.

АГЗАМОВ Рашид Денисламович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия.

ЯГАФАРОВ Ильгиз Ирекович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия.

METADATA

Title: Methods for removing burr.

Authors: A. D. Galimova¹, R. D. Agzamov², I. I. Yagafarov³

Affiliation:

¹⁻³ Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹aliyaa.galimova@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (30), pp. 29-36, 2024. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article is devoted to topical issues of research into the process of removing burrs from the surface of parts. The most functionally and practically significant factors influencing the activity of the processing process have been identified. Possible variants of parts processing by different methods are considered: electrochemical method of deburring, ultrasonic, thermal, method of deburring by freezing and magnetic method. Essences of these processes are given, their comparison in terms of labor intensity, by equipment. Technological recommendations are formulated for removing burrs from hard-to-reach internal surfaces, including crossing channels of small diameter and blunting sharp edges.

Key words: Deburring; finishing processing; hard-to-reach surface surfaces, longitudinal turning, automation of metalwork processing.

About authors:

GALIMOVA Aliya Damirovna, master's student of Department of Mechanical Engineering of Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia.

AGZAMOV Rashid Denislamovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences., Dept engineering technology, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia.

YAGAFAROV Ilgiz Irekovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences., Dept engineering technology, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia.