

Введение Заготовительные операции по разделению всех видов материалов включают ручное и машинное разрезание на оборудовании различного назначения. Для этого используются как традиционные способы (прессы, металлорежущее оборудование с металлическим и абразивным инструментом и др.) так и новые виды обработки (лазерная резка, электроэрозионное разделение, ультразвуковые процессы). В машиностроении имеется достоверная информация об освоенных методах, их предельных возможностях и недостатках. С увеличением доли затрат на материалы возникала проблема изыскания новых видов разделения материалов, особенно это коснулось дефицитных и дорогих сплавов типа драгоценных металлов, вольфрама, магнитных сплавов, хрупких полупроводников, где выход годных деталей после обработки становился менее половины исходной массы, а дефекты, вносимые в поверхностный слой при разрезке, сохранялись в изделии и снижали его характеристики. В соответствии с определениями национального стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008 под результативностью понимается степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов, а под эффективностью - связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами. В качестве объекта исследований выбрано две группы токопроводящих материалов: вязкие и хрупкие, которые имеют высокую стоимость и весьма дефицитны. В мировой практике разделение таких материалов в основном выполняют армированными дисками, электроэрозией, ультразвуковым методом, лазером. Однако, такие методы не позволяют обеспечить требуемые достаточно высокие требования по точности, качеству поверхностного слоя, производительности, снижению потерь материала. Кроме того, большинство применяемых методов вызывает загрязнение окружающей среды (пыль при использовании абразива и др.) Совмещение различных воздействий на объект обработки позволяет спроектировать комбинированные методы, в частности электроабразивный (электроалмазный). Эти методы применяются для резки при получении заготовок с последующей обработкой, которая в ряде случаев (изготовление деталей приборов, радиотехники, средств управления) нежелательна, т.к. приводит к неоправданным потерям материала, вторичным погрешностям и дефектам, резко повышает стоимость изделий. Установление однозначных связей между свойствами обрабатываемых материалов, сочетанием воздействий комбинированного процесса позволяет создать современное автоматизированное оборудование с управлением механической, химической, эрозионной составляющей в едином процессе, обеспечивающим получение после разделения материалов готовых деталей с погрешностью не выше 30 мкм и с шероховатостью не выше 0,32 мкм. При этом устраняются негативные воздействия на окружающую среду и до 2 раз ускоряется цикл изготовления деталей. Использование подобных процессов ускоряет создание новых конкурентоспособных изделий, расширяет

технологические возможности производства, способствует снижению дефицита и затрат на материалы. Это актуально для современного машиностроения и отвечает мировым требованиям к новой продукции. Теоретическая часть

Существует несколько схем малоотходного разделения материалов с наложением электрического поля. 1. Электрохимическая обработка с неподвижными электродами. По этой схеме разделяют тонкие листовые материалы, наносят информацию (порядковые номера, шифры изделий и др.), удаляют заусенцы, скругляют острые кромки. Электрод-инструмент не перемещается к обрабатываемой поверхности — межэлектродный зазор по мере съема металла с заготовки возрастает, а скорость прокачки электролита снижается. Процесс будет неустановившимся с нестационарным по времени режимом обработки. Это резко усложняет расчеты технологических параметров, регулирование и управление процессом. Кроме того, процесс разделения не позволяет резать детали толщиной более 0,5 мм (при односторонней резке). При этом погрешности обработки возрастают с увеличением толщины заготовки и делают разрезание этим методом круглых заготовок не перспективным. 2.

Известен способ разделения материалов струйным методом. Электрод-инструмент состоит из токоподвода, омываемого потоком электролита. Токоподвод находится внутри корпуса из изоляционного материала. Электролит создает токопроводящий канал между токоподводом и заготовкой. В месте контакта жидкости с обрабатываемой поверхностью материал заготовки растворяется и образуется углубление. По мере увеличения глубины отверстия корпус сближают с заготовкой. Процесс идет достаточно быстро только при высоких напряжениях (до нескольких сотен вольт). Так вырезают контуры деталей сложной формы. Этот метод не пригоден для разделения материалов толщиной более 0,3 мм. 1. Разрезание профильным или непрофилированным инструментом включает разделение заготовки на части - отрезание - и получение непрямолинейного контура - вырезание, которое выполняется только непрофилированным электродом-инструментом. Профильный электрод-инструмент при разрезании деталей может быть выполнен в форме диска или пластины. Его перемещают к заготовке со скоростью и в плоскости его вращения вдоль детали. Обработка выполняется в ванне с диэлектрической жидкостью. Если разрезание выполняется пластиной с одним поступательным перемещением ее к заготовке, то это будет прошивание. В случае использования непрофилированного электрода инструмент выполняют в форме круглой проволоки диаметром 0,02 ... 0,3 мм или стержня, которые могут перемещаться в различных направлениях со скоростью и в любой части заготовки. Для устранения влияния износа электрода-инструмента на точность прорезаемых пазов проволоку или стержень перемещают (обычно перематыванием) вдоль оси со скоростью. Разрезание выполняют в ванне с диэлектрической жидкостью[1]. Комбинированные методы обработки направлены на интенсификацию процесса

анодного растворения. Скорость съема металла и точность формообразования при электрохимической обработке зависят от того, насколько быстро будет идти реакция перехода материала заготовки в шлам. Скорость анодного растворения ограничивается наличием пленки, пассивирующей поверхность, и толщиной диффузионного слоя, который преодолевают удаляемые продукты обработки. При электроабразивном шлифовании твердые частицы (абразивные зерна или наполнитель) устраняют пленку, активируя тем самым процесс электрохимической обработки. Размеры абразивных зерен, определяющие межэлектродный зазор, как правило, не превышают десятых долей миллиметра. При таких малых зазорах плотность тока будет значительно больше, чем в случае размерной электрохимической обработки. Резко возрастает скорость съема металла в зоне действия абразивных зерен инструмента. Кроме того, часть припуска удаляется механическим шлифованием. В отличие от обычного шлифования при анодно-абразивной обработке на поверхности заготовки не образуется более прочный наклепанный слой, а производительность шлифования повышается. Следовательно, интенсивность съема металла при анодном растворении возрастает вследствие механического удаления пассивирующей пленки и ускорения процесса выноса продуктов обработки из промежутка, а электрохимическое растворение части металла, в свою очередь, способствует повышению скорости механического шлифования. Кроме указанных составляющих съема при малых зазорах может иметь место электроэрозионный процесс. При малых размерах зазора часть металла заготовки удаляется за счет электрической эрозии [2]. При электро-абразивном полировании припуск удаляется либо анодным растворением металла и съемом абразивным зерном, либо только растворением. В первом случае инструмент содержит связанный или свободный абразивный порошок, во втором — в качестве инструмента используют деревянные или пластмассовые бруски, расположенные между металлическими электродами-инструментами. Сравнивая технологические показатели различных способов, можно определить возможности наиболее эффективного их использования в машиностроении. Электроэрозионная обработка в электроискровом режиме происходит при относительно малой энергии импульсов. Объем металла, удаленный за каждый импульс, невелик, а глубина лунки незначительна. Такой режим позволяет получить поверхности с высокой точностью и малой шероховатостью при невысокой производительности. Кроме того, процесс весьма энергоемок. Энергоемкость оценивают отношением расхода электрической энергии к массе удаленного с заготовки металла. Энергоемкость при обработке на электроискровом режиме на порядок выше по сравнению с механической обработкой на аналогичных операциях. Велик также износ профильного инструмента. С учетом сказанного обработка в электроискровом режиме эффективна для изготовления прецизионных деталей небольших габаритов.

Эффективность еще более повышается, если материал детали трудно поддается традиционными методами механической обработки или если обрабатываемая поверхность имеет сложную форму. Такие детали характерны для приборостроения, точного машиностроения, инструментального производства. Обработка в электроимпульсном режиме характеризуется большей энергией разряда - высота неровностей здесь больше. Но за счет повышения энергии разряда достигается высокая производительность процесса, которая в 15 ... 20 раз превышает аналогичный показатель при электроискровом режиме и составляет для стали до 250 мм³/с, для твердых сплавов - 3 ... 5 мм³/с. Учитывая малый износ электрода-инструмента и удовлетворительную энергоемкость, не превышающую аналогичного показателя для фрезерования, обработку на электроимпульсном режиме можно рекомендовать для замены фрезерования крупных полостей сложной формы, углублений, каналов, где механической обработкой не удастся достичь высокой производительности или где затруднен доступ инструмента в зону резания. Такие изделия применяются во многих отраслях индустрии, в частности в энергетическом и транспортном машиностроении, в двигателестроении, радиотехнической промышленности. Электроконтактное разрезание в жидкости позволяет получить производительность процесса до 400 ... 450 мм³/с, что значительно выше, чем при механическом разрезании заготовок. Однако чистота поверхности и точность обработки здесь невысоки. Способ экономичен - расход электроэнергии в 6 ... 10 раз ниже, чем при обработке на электроискровом режиме. Значителен износ электрода-инструмента и неудобна в эксплуатации рабочая жидкость, которая разбрызгивается. Это вызывает загрязнения станков, деталей, одежды работающих и требует особых конструкций накладных ванн. Электроконтактное разрезание в жидкости используется в качестве заготовительной операции при получении заготовок из труднообрабатываемых токопроводящих материалов. Разрезание профильным электродом-инструментом в электроискровом режиме позволяет выполнять: · пазы и щели малой ширины, например в цангах; · профильные электроды-инструменты для прошивания; · разрезание заготовок из вольфрама и других материалов. Разрезанием непрофилированным электродом-инструментом получают: · узкие сквозные или глухие щели; · вырубные штампы небольших габаритов из твердых сплавов и закаленных сталей; · рабочую часть резцов и других инструментов; · щели в цангах для закрепления деталей малого диаметра (менее 2 ... 3 мм); · таблетки из магнитных, вольфрамовых сплавов, при обработке которых требуется достичь минимального расхода материала; · надписи, знаки, гравюры. Электроконтактное разрезание диском или лентой в жидкости используется: · для получения заготовок из труднообрабатываемых материалов (нержавеющих, жаропрочных, титановых, магнитных и других сплавов); · для разрезания труб из конструкционных материалов; · для прорезания узких пазов и отверстий в деталях. Разрезание в воздушной среде

находит широкое использование в металлургической промышленности для:

- разделения на части проката;
- отрезания литников с крупных литых заготовок.

Систематизация режимов разделения материалов с наложением электрического поля. Для более полного использования преимуществ электрохимической обработки необходимо проектировать детали с учетом особенностей процесса анодного растворения сплавов. Следует учитывать, что при электрохимической обработке нет разделения на черновые и чистовые операции - при любом режиме электрохимической обработки высота неровностей соответствует чистовым операциям механической обработки, и с возрастанием скорости съема металла шероховатость поверхности снижается. В отличие от механической обработки технологические показатели электрохимической обработке даже повышаются с увеличением твердости материала заготовки. Кроме того, при электрохимической обработке инструмент либо вообще не изнашивается, либо изнашивается незначительно (при комбинированном способе обработки).

Размерная электрохимическая обработка значительно расширяет технологические возможности изготовления деталей. Благодаря ей можно получать формы поверхностей, создание которых другими способами или невозможно, или невыгодно. По схеме разрезания можно получить с высокой точностью ажурные детали без деформации и заусенцев. Электрод-инструмент выполнен в виде тонкого диска. Анодное растворение происходит без заметного усилия на заготовку, поэтому она не деформируется, заготовка может иметь вращательное движение, что ускоряет процесс отрезания. Скорость углубления инструмента может достигать 0,2..0,3 мм/с, погрешность обработки находится в пределах 0,1 мм. При этом достигается скругление кромки с радиусом до 0,5 мм. При использовании непрофилированного электрода проволоки удается получить пазы сложной формы; прямолинейные участки сопряжены - как радиусами R1, R2, R3, R4, так и практически без радиуса ($R=0$). Скорость разрезания может достигать 0,2 мм/с, ширина паза 0,5 .. 5 мм, глубина 0,1 ... 20 мм, погрешность по ширине - до 0,1 мм. Анализ способов разделения материалов. Применяемые методы разделения металлов позволяют, в основном, выполнять заготовительные операции, где не требуется высокая точность и качество поверхностного слоя, которые обеспечиваются на последующих этапах обработки, требующих значительных припусков на процесс, имеющих высокую трудоемкость и удельную энергоемкость. Электроэрозионная обработка непрофилированным электродом обеспечивает точность процесса, но требует последующих операций для достижения заданной чистоты. Кроме того она на порядок более трудоемкая по сравнению с резкой армированным диском, что делает ее не эффективной для серийного производства. Разделение армированным диском повышает на порядок и выше потери материала и не обеспечивает стабильных показателей по точности реза, что вызывает необходимость в чистовых операциях. Известные конструкции дискового

инструмента для разделения дают большую ширину паза или не обеспечивают требуемой точности процесса, качества поверхностного слоя. Имеющееся оборудование для разделения материалов не оснащено требуемыми средствами автоматизации процесса, в том числе элементами адаптивного управления с корректировкой режимов по заданным закономерностям [3]. Экономическая эффективность и результативность Анализ известных процессов и оборудования показывает, что можно достичь высокой точности деталей при разделении за счет установления закономерностей процесса при переменных условиях обработки, созданием автоматизированных систем управления процессом с адаптацией параметров, в частности подачи инструмента – диска, управления его состоянием при разрезке, контролем и корректировкой положения режущей части в пазе. Вторым эффективным направлением исследований по снижению потерь дефицитных материалов является использование оснастки с удержанием деталей до окончания калибровки боковых поверхностей паза. Раскрыты перспективы использования результатов работы в других отраслях, применяющих драгоценные и дефицитные материалы (медицинская техника, стоматология, средства управления аппаратами, электрические разъемы и др.), где экономия от устранения потерь металлов может составить значительную сумму.