



Гидро- и гидроабразивная резка различных материалов

Первые упоминания об использовании водной струи для решения различных технических задач появились более ста лет назад. Около 1870 года эта технология начала применяться в золотодобыче. В последующие за этим годы она получила стремительное развитие

При этом применялась эта технология в первое время исключительно в горнодобывающей промышленности. Только к середине XX столетия появились опыты применения этой технологии для очистки рабочих поверхностей от сильных загрязнений. Развитие соответствующих насосов смогло повысить давление струи до такой мощности, что стало возможным резать некоторые неметаллические материалы. Начало 80-х годов ознаменовалось новым прогрессом в этой области после того, как стало возможным примешивать к водной струе частицы твердых материалов. Таким образом стало возможным обрабатывать практически все материалы с помощью так называемой гидроабразивной резки. Применение этой технологии обуславливается некоторыми специфическими преимуществами:

- процесс резки является холодным, что не несет с собой термических изменений в структуре обрабатываемых материалов;
- при резке возможны минимальные зазоры между вырезаемыми деталями, что позволяет

самым оптимальным образом использовать обрабатываемый материал;

- при гидро- и гидроабразивной резке рез может начинаться и заканчиваться непосредственно на материале обработки;
- возможно как двухмерное, так и пространственное ведение резки;
- инструмент – водная струя – работает в любом направлении.

Механизм действия

Принципиально можно разделить два типа резки – резка только водой и резка с примешиванием абразива. При резке чистой водой статическое давление компактной струи, как и при эрозивном действии обычной водяной капли, приводит к вымыванию материала, с примешиванием же к струе твердых частиц происходит микроразрушение материала, а водная струя служит лишь ускорителем этого процесса. Принципиально оба типа обработки могут применяться и для очистки поверхностей. Если эта технология применяется для резки материалов, то в зависимости от вы-

бранных параметров достигается различное качество отрезаемой кромки. На поверхности кромки образуются различные зоны качества, распространение которых зависит от выбора параметров резки.

Водная струя

В противоположность к применению в технике очистки поверхностей, где главнейшую роль играет равномерное рассеивание на больших поверхностях, для резки необходима как можно более тонкая подача воды. Диаметр струи лежит в пределах от 0,1 до 0,4 мм. Для того чтобы поддерживать в струе необходимую плотность энергии, давление струи достигает 400 МПа, что соответствует колонне воды высотой в 40 км. Для того чтобы достичь такого давления, используются специальные насосы высокого давления с так называемыми мультипликаторами. Произведенное в гидравлическом агрегате давление масла воздействует на площади поршня двусторонне действующего мультипликатора. Давление повышается соответственно отношением площадей между поршнем пониженного давления и поршневым штоком высокого давления (примерно 1:20). Объем подаваемой воды на стороне высокого давления лежит между 0,5 и 10 л/мин.

Типичные применения резки чистой водой (гидрорезка)

- Порционирование продуктов питания (замороженные продукты, выпечка, шоколад, мороженое).



Подпись

Подпись



- Резка бумажных продуктов (пленки, гофрокартон).
- Резка в текстильной промышленности (кожа, мебельная ткань, ковровые покрытия).
- Разделение оснащенных электронных плат.
- Прорезка пластиковых, а также резиновых уплотнительных и ковровых форм в автоиндустрии.
- Резка ламинированных материалов для авиационной и космической индустрии.
- Нарезка шумопоглощающих и теплоизоляционных материалов.
- Резка плоских прокладок и специальных строительных материалов.

Гидроабразивная резка

Плотности энергии чистой водной струи недостаточно для обработки многих технических материалов. В соответствующих применениях к водной струе примешиваются твердые частицы. Это позволяет и резать материалы, которые не могут быть порезаны только водой, и вообще значительно повышать производительность резки по сравнению с резкой чистой водой.

В качестве так называемого абразива используются остроконечные измельченные минералы, такие, как песок граната или оливин, с величиной зерна от 0,1 до 0,3 мм. В зависимости от применения количество используемого абразива составляет от 100 до 500 г/мин.

Так же, как и при резке только водой, давление струи при гидроабразивной резке дости-

гает 400 МПа. Диаметр струи лежит между 0,6 и 1,2 мм.

Области применения распространяются прежде всего на обработку твердых материалов, а также на изготовление усложненных контуров. В частности можно упомянуть следующие примеры применения:

- обработка высококачественных сталей, в частности сплавов на основе никеля;
- обработка легких и цветных металлов, а также любых толстолистовых металлов (до 100 мм);
- резка стекла, бронированного стекла (триплекса, пожаробезопасного), акрилового стекла;
- нарезка декоративных деталей из натурального камня, например гранита или мрамора;
- обработка материалов для авиационной и космической промышленности, таких, как толстостенные, волокнисто-усиленные пластмассы и сплавы титана;
- обработка любого типа пластмасс, пеноматериалов;
- обработка комбинированных материалов, материалов с покрытием;
- обработка высокопроизводительной керамики;
- обработка дерева;



- применение в рамках производства единичной или мелкосерийной продукции.

Использование других видов резки для этих групп материалов было бы нежелательно или вообще невозможно, или же возможно, но только для очень ограниченного количества экземпляров при значительных издержках инструмента. Это также идеальная технология в тех случаях, когда термическая или механическая обработка запрещена, например при изготовлении конструктивных элементов в самолетостроении и космической промышленности.

Таким образом, гидроабразивная резка предоставляет производителю почти полную свободу действий в выборе материалов и форм.

Качество разреза при гидроабразивной резке

Область применения гидроабразивной технологии весьма обширна. Насколько разнообразны виды разрезаемого материала и области применения получаемых частей, настолько разным может быть и качество раз-



Подпись

реза – от тончайшей окантовки до грубого реза. Цель применения получаемой детали, толщина и вид материала обуславливают качество разреза, а значит, задаваемую скорость подачи струи. От этой скорости зависит прямоугльность и качество окантовки. Чем медленнее будет скорость, тем более ровной, прямоугольной и гладкой будет кромка. Без всякого труда можно использовать не только в одной детали, но даже во время ведения одного разреза разное качество резки, делая тем самым изготовление такой детали более экономичным.

Внешний вид окантовки, получаемой при гидроабразивной резке, необходимо описать подробнее, для того чтобы облегчить клиентам и пользователям выбор критерия качества резки в зависимости от используемого материала.

Шероховатость кромки

Кромка при резке имеет две области. Зона гладкого реза и остаточная площадь. Зона гладкого реза по своей структуре беспорядочна, остаточная площадь, наоборот, имеет волнистую с выемками структуру. Выемки выглядят в виде запятых, согнутых в направлении подачи струи. Обе области плавно перетекают друг в друга, и их пропорциональность во многом зависит от скорости резки.

Применение гидроабразивной резки обуславливается некоторыми специфическими преимуществами:

- процесс резки является холодным, что не несет с собой термических изменений в структуре обрабатываемых материалов;
- при резке возможны минимальные зазоры между вырезаемыми деталями, что позволяет самым оптимальным образом использовать обрабатываемый материал;
- при гидро- и гидроабразивной резке рез может начинаться и заканчиваться непосредственно на материале обработки;
- возможно как двухмерное, так и пространственное ведение резки;
- инструмент – водная струя – работает в любом направлении

Область гладкого реза растет с замедлением скорости. Тем самым общая шероховатость всей кромки будет меньше.

Четыре вида качества резки

Разделительная резка

Максимальная скорость резки. Заготовка обрабатывается быстро, насколько можно.

Для металлов зона гладкого реза в этом случае составляет примерно одну треть.

Качественная резка

Половина скорости разделительной резки. При довольно экономичных затратах време-

ни достигается хорошее качество кромки и углов.

Тонкая резка

Четверть скорости разделительной резки. Кромки почти прямоугольные. Качество кромок и углов очень хорошее, с максимальной областью гладкого реза.

Прецизионная резка

В восемь раз или еще ниже скорости разделительной резки. Кромки прямоугольные, с качеством, приближающимся к качеству индустриальной шлифовки. Скорость обработки при использовании гидроабразивной резки, однако, значительно быстрее, а следовательно, экономичнее.

Примеры качества резки

На примере материала 1.4301 толщиной 15 мм.

Разделительная резка



Максимальная скорость резки.

Хорошая обработка углов.

Подходит для заготовок.

Конусность каждой кромки 0,3 мм (при толщине материала до 50 мм).

Качественная резка



Средняя скорость резки (от 1/2 до 2/3 максимальной ско-

рости резки).

Очень хорошая обработка углов.

Хорошее качество кромки.

Конусность каждой кромки 0,2 мм (при толщине материала до 50 мм).

Тонкая резка



Низкая скорость резки (от 1/4 до 1/3 максимальной скорости резки).

Очень хорошая обработка углов.

Очень хорошее качество кромки.

Конусность каждой кромки 0,1 мм (при толщине материала до 50 мм).

Скорость резки

На углах и при малых радиусах струя должна выровняться как можно параллельнее к кромке. Для этого на углах скорость резки понижается, а после их прохождения увеличивается снова. Соответственно, общая скорость резки зависит не только от величины контура, но также от количества углов и малых радиусов. Поэтому невозможно назвать номинальную величину скорости для заданного вида материала.

Скачки

При резке внутренних отверстий может произойти повреждение контура. Струя перескакивает в уже имеющийся контур. Для уменьшения этого эффекта необходимо снизить скорость в конце реза, чтобы струя выровнялась параллельно кромке.

Ширина разреза

Ширина разреза зависит от диаметра фонтанки. На входе струи в материал она равняется этому диаметру (как правило, около 0,8 мм). Ширина разреза на выходе зависит от скорости резки. Чем выше скорость, тем уже будет разрез.

Материалы

Металл

Даже сильноотражающие металлы могут обрабатываться с помощью гидроабразивной резки. В отличие от лазерной резки электрические и оптические особенности металла в месте реза не меняются. Этот холодный вид резки может применяться для металлических изделий толщиной до 100 мм. При этом на всей толщине возможна резка самых филигранных контуров.

Особенно хорошо применение гидроабразивной резки для обработки цветных и легких металлов, алюминия и алюминиевых сплавов, а также различных видов нержавеющей стали.

Прокладочный материал

Любой прокладочный материал должен в первую очередь выполнять свою функцию, то есть уплотнять зазоры, часто под воздействием внешних факторов, таких, как агрессивные среды, высокое давление или экстремальные

изменения температур. Для этих целей используются самые различные материалы, часто пластмассы, во многом в соединении с металлическими прослойками.

Прокладки, как правило, являются прецизионными деталями с повышенной точностью размеров. Обрабатываемый материал не должен подвергаться лишним механическим, химическим или термическим нагрузкам. Прокладки часто изготавливаются только на специальных производствах.

Уплотнительные и прокладочные материалы ввиду своего многообразия не поддаются какому-то одному типичному методу обработки. Однако все до сих пор известные используемые виды обработки имеют следующие проблемы.

Фрезеровка

Плоские прокладки в основном фрезеруются. Это связано с высокими временными затратами, а при работе с твердыми металлами еще и с высоким износом инструмента. Качество кромок при этом не всегда удовлетворительно и требует последующей обработки.

Лазерная резка

Многие пластмассы не могут быть обработаны этим видом резки. Часто при лазерной резке выделяются вредные для здоровья пары.

Штамповка

Штамповка возможна только в исключительных случаях. Часто необходимо изготовление сложного дорогостоящего инструмента, что исключает возможность изготовления малых серий.

Литье

Для больших серий литье является быстрым и экономичным способом изготовления. Единичные изделия и мелкие серии неэкономичны, так как в любом случае требуют изготовления дорогостоящих форм.

С помощью гидроабразивной резки можно прецизионно изготавливать прокладки самых различных форм из самых разных материалов с наименьшими затратами времени и инструмента.

Пластмассы

Несмотря на большое многообразие пластмасс почти все материалы этой группы могут быть обработаны гидроабразивным оборудованием. Даже самые твердые материалы или фазерматериалы, которые осыпаются по краям при обычной резке, например кевлар, могут быть порезаны гидроабразивной резкой. Качество кромок при этом великолепно. Проблематика износа обрабатывающего механического инструмента при этом полностью отпадает. А точность соответствует обычным стандартам обработки листового материала.

Благодаря свободной установке гидроабразивного инструмента могут обрабатываться

самые сложные и филигранные структуры. В противном случае многие детали могут изготавливаться только при использовании многих видов инструментов.

Комбинированные или слоистые материалы

Склеенные материалы комбинируют свойства различных материалов. Резка этих комбинаций классическими способами весьма проблематична, а зачастую просто невозможна (например, фигурная резка многослойного жаростойкого стекла). Иначе выглядит это в случае с гидроабразивной резкой. Благодаря способности прецизионно разрезать различные по своим свойствам материалы эта технология идеально подходит для промышленной обработки подобных материалов, не нарушая их склейки.

Камень

При прямых разрезах классическая каменная обработка с пилами по камню очень быстра. Дополнительная обработка рваных и грубо распушенных кромок при этом весьма дорогостояща. Следующие преграды у обычных процессов обработки возникают при резке закруглений, неровных контуров и внутренних вырезов. Проволочная пила или фрезерный станок по камню значительно медленнее, чем пилы прямых разрезов. Часто необходимо до семи раз дополнительно шлифовать и полировать кромку. Филигранные контуры режутся в горной породе или с большими потерями, или совсем невозможно. Практически невозможно также производство идентичных серийных изделий.

Гидроабразивная резка предлагает здесь решающие преимущества. Детали из каменного полотна вырезаются с высокой точностью, примерно 0,1 мм, что представляет собой отчетливую разницу по сравнению с обычной от 0,5 до 1,0 мм точностью пил и фрезерных станков. Поэтому абсолютно точная резка позволяет также работу над инкрустациями с очень сложными и филигранными контурами. Высокое качество кромок экономит время на последующей её обработке. Видимые кромки необходимо только три раза отшлифовать и один раз отполировать. Производство идентичных, а также серийных деталей в этом случае экономичнее и возможно в любое время.



Как уже указывалось выше, гидроабразивная резка – идеальное решение для разрезания склеенных материалов. Тем самым применительно к камню здесь раскрываются новые возможности как для уже известных, так и для новых комбинаций этого материала. Например, обработка панелей из отполированного гранита на алюминиевой сетчатой подложке выполнима без проблем с описанным выше качеством.

Стекло

Стекло гидроабразивной резкой режется очень хорошо. Кромки имеют, правда, матовую и слегка шероховатую поверхность и могут быть отшлифованы и отполированы с меньшими усилиями, чем кромки после обычной резки и ломки. Особенно актуальна гидроабразивная резка при работе с многослойным триплексом и с пожаробезопасным стеклом.

Дерево

Дерево, как натуральный продукт, непросто обрабатывать из-за его волокнистой структуры и естественной реакции на влагу. Как правило, требуются многочисленные пробные разрезы для установления необходимых параметров резки. При работе с клееной древесиной необходимо использовать только ту, что склеена водостойким клеем. Хорошие результаты показаны при разрезании многослойных плит и фанеры.

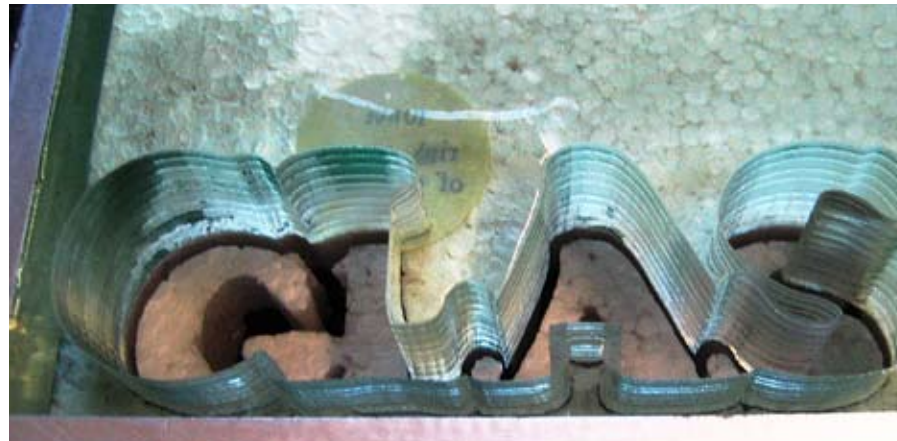
Преимущества и недостатки

Первостепенные преимущества (вне конкуренции)

- Самый широкий выбор обрабатываемых



Подпись



материалов по сравнению со всеми другими способами резки.

■ Поскольку процесс резки в сущности зависит только от механических качеств материала, таких, как твердость, предел прочности при растяжении и ударная вязкость, то резка любого материала легко осуществима посредством выбора подходящего абразива. Вследствие этого возможно, если это обусловлено заказом, технически быстрое и гибкое изменение параметров резки при разрезании совершенно различных по свойствам материалов.

■ Абсолютное преимущество при обработке критичных для лазера (отражаемость, теплопроводность) материалов, таких, как алюминий, титан, медь, латунь и т.д.

■ Отсутствие продуктов реакции при обработке пластмасс или существенное их сокращение (пыль, аэрозоль).

■ Подходит для клеенных материалов и прочих соединений.

■ Широчайший спектр толщины материала.

■ Принципиально возможно применение ко всем имеющимся материалам с толщиной от 0 до 120 (200 – неметаллы) мм.

■ Ограничение применения в области обработки тонких материалов из-за экономической целесообразности полностью отсутствует (например, нержавеющая сталь – лазерная резка имеет смысл, начиная от 10–12 мм).

■ Повышение производительности за счет использования многоголовочных установок и многослойной резки.

■ Границы использования для материалов с большими толщинами обуславливаются либо нынешними пределами мощности насосов высокого давления, либо экономичностью (например, при обычных разделительных разрезах металлов посредством плазмы или автогенной резки, при разрезах пилой природного камня) и в конечном счете также недостающим спросом (разрезы контура в очень толстых материалах не имеют большого смысла).

■ Незначительное влияние на материал:

■ термический (не возникает термических

напряжений на кромках);

■ механически (незначительное давление на материал – отсутствие обусловленной процессом деформации, никакого изменения структуры, более того, высвобождение внутренних напряжений (!));

■ химически (никаких реакций, кроме появления ржавчины у нелегированной/низколегированной стали),

Второстепенные преимущества (в конкурентном процессе проявились также или лучше)

■ Оптимальное использование материала.

■ Диаметр струи – 0,8–1,2 мм, в соединении с программным обеспечением, длина реза, кучность.

■ Свойства реза.

■ Оптимизация на конечный результат (недорогая предварительная подготовка с обычным измерением, при соответствующем заданным параметрам готовом контуре, или с более высоким результатом, без последующих работ по исправлению брака).

■ Типичные параметры шероховатости кромки около Rz40, достижимы также Rz12... Rz100 (грубый разделительный рез).

■ Слаборебристая и до полного отсутствия ребристости резка (преимущественно: неопасная кромка на стекле за счет скругленной окантовки).

■ Точность (формосоответствие от верхней к нижней стороне, отвесные окантовки) выбирается и задается в соответствии с толщиной материала.

■ Высокая точность возможна на уровне +/- 0,1 мм до 8 мм толщины.

■ Обычная точность: +/-0,2mm (до 12 мм толщины), +/-0,3 мм (до 20 мм толщины).

■ Соответствие форме от нижней к верхней стороне на углах: +/-0,4mm при толщине материала 40 мм.

■ Соответствие форме на круге из нержавеющей стали, 120 мм толщиной: диаметр верх – диаметр низ = -0,32 мм, однако из-за эффекта wash-out диаметр верх – диаметр (2/3) = +0,54 мм

Ограниченное применение

■ В автоматизированных линиях. В линиях

Job-Shop.

■ Уступает в соотношениях затрат и результатов.

■ Уступает в общеограниченной надежности процесса (относительно многообразные источники ошибок, которые не всегда можно предупредить, но необходимо постоянно наблюдать: выработка и передача давления, подача абразива, определение нарушений при изготовлении, слив/промывка...)

■ Применяется, правда, только в особых случаях в Job-Shop.

■ Ограниченная доступность.

■ Ограниченная оптимизация условий изготовления.

Недостатки (абсолютные или в сравнении с конкурентами)

■ Высокие инвестиционные затраты.

■ Высокие производственные затраты.

■ Электроэнергия, подготовка воды, запасные части, абразив.

■ Незначительная степень эффективности.

■ Неэффективный перенос энергии на абразив.

■ Бесполезная до вредной остаточная энергия струи (должна улавливаться).

■ Незначительная скорость в обработке тонколистового металла в сравнении с лазерной резкой.

■ Издержки по удалению отработанной грязи, утилизации отходов.

■ Ограничивает доступность, частично при подборе персонала.

■ Проблемы обслуживания и хранения.

■ Некоторый вред здоровью (уровень шума, запыленность, аэрозоли).

Шаймарданов Р. Р.
GLASSTOOLS

