Ткачев Виктор Игоревич

студент

Карпович Иван Геннадиевич

студент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

МЕТОДЫ РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

***Аннотация**: в статье рассматриваются различные методы раскроя листового материала, обозреваются технические характеристики обработки такие как (качество поверхности, точность обработки, толщина обрабатываемого материал, и виды обрабатываемого материала).*

***Ключевые слова**: раскрой, листовой материал, методы.*

Введение

В современной промышленности существует большое количество различных методов обработки листовых материалов, однако наиболее распространены такие методы как: термическая резка, плазменная резка, лазерная резка и гидроабразивная резка. Инженеру-технологу при работе с листовыми материалами необходимо знать все современные методы раскроя, для наиболее экономичного и целесообразного изготовления детали.

Далее в статье будут описаны основные характеристики перечисленных методов раскроя. (рис 1)

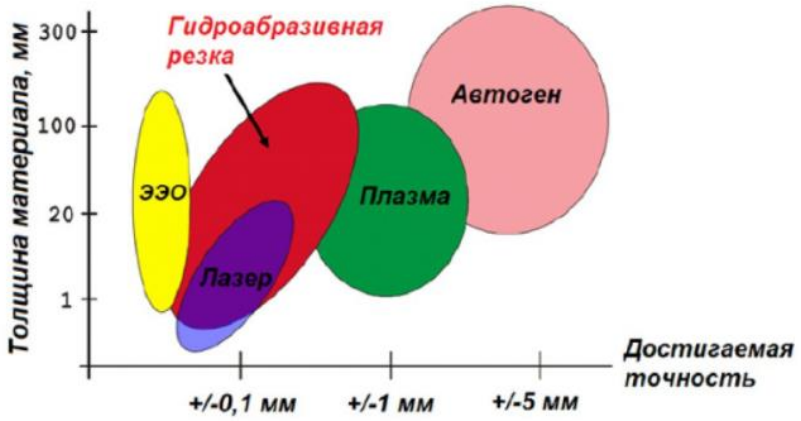

Рис. 1. Общая таблица с применением различных методов раскроя

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Термическая резка

Первоначальной технологией термической резки металлов явилась газопламенная кислородная резка стали. Кислородные машины термической резки получили широкое распространение в металлообработке в СССР и других странах мира.

В основе принципиального действия аппарата газорезки находится явление электролиза. На сегодня известно, что во время протекания электрического тока через воду выделяется кислород и водород (в газообразном состоянии). В целях увеличения КПД установки производители применяют протекание электрического тока не через воду, а через щелочь.

В установке производится водород кислородная газовая смесь, которая проходит сквозь водяной затвор. Затем смесь поступает в специальный охладитель-обогатитель, который закреплен в аппарате (его цель – удаление повышенной влажности из газовой смеси, смена состава пламени). После этой фазы (прохождения охладителя-обогатителя) смесь поступает в газовую горелку, именуемую в народе автогеном, при помощи шланга, аппарат позволяет работать (рис 2.).

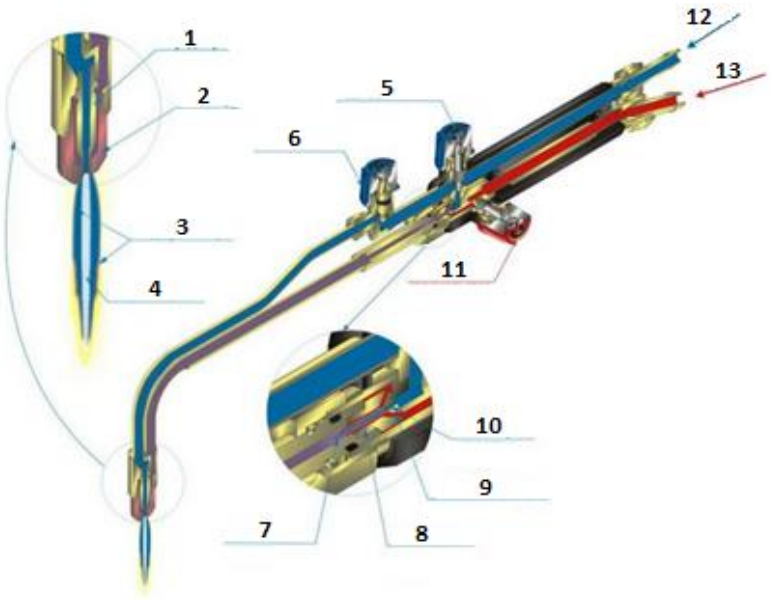

Рис. 2. Устройство газовой установки

1-мундштук внутренний (латунный), 2-мундштук наружный (медный), 3-подогревающее пламя, 4-струя режущего кислорода, 5-узел вентиля кислорода подогревающего, 6-узел вентиля кислорода режущего, 7-смесительная камера, 8-

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

устройство смесительное (инжектор), 9-канал подводящий горючего газа, 10-инжекторное отверстие кислорода, 11-узел вентиля горючего газа, 12-кислород, 13-горючий газ.

Газом можно резать только металл, у которого температура воспламенения ниже, чем температура плавления. Кислородные машины способны обрабатывать углеродистые стали толщиной от 10 мм до 200 …300 мм. Цветные и легированные металлы газом резать невозможно.

Для кислородных машин – это резка углеродистых сталей и титана, преимущественно – многорезовая, или для сталей толщиной свыше 40 и до 200...300 мм. По опыту отечественного судостроения одна портальная машина с ЧПУ может переработать при кислородной резке до 2,5 тыс. т листа углеродистой стали толщиной 10... 12 мм.

Предельные отклонения при номинальных размерах детали или заготовок приведены в (табл1).

Таблица 1.

Классы точности	Способы резки	Толщина листа	Предельные отклонения при нормальных размерах детали или заготовки, мм			
			До 500	Св. 500 до 1500	Св. 1500 до 2500	Св. 2500 до 5000
1	Кислородная и плазменно-дуговая	5–30	± 1,0	± 1,5	± 2,0	± 2,5
		31–60	± 1,0	± 1,5	± 2,0	± 2,5
	Кислородная	61–100	± 1,5	± 2,0	± 2,5	± 3,0
2	Кислородная и плазменно-дуговая	5–30	± 2,0	± 2,5	± 3,0	± 3,5
		31–60	± 2,5	± 3,0	± 3,5	± 4,0
	Кислородная	61–100	± 3,0	± 3,5	± 4,0	± 4,5
3	Кислородная и плазменно-дуговая	5–30	± 3,5	± 3,5	± 4,0	± 4,5
		31–60	± 4,0	± 4,0	± 4,5	± 5,0
	Кислородная	61–100	± 4,5	± 4,5	± 5,0	± 5,5

Классы вырезаемых деталей и заготовок в зависимости от шероховатости поверхности реза и наибольшие значения высоты неровностей профиля Rz должны соответствовать указанным в (табл. 2).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таблица 2.

Классы	Способы резки	Нормы при толщине разрезаемого металла, мм			
		5–12	13–30	31–60	61–100
1	Кислородная	0,050	0,060	0,070	0,085
	Плазменно-дуговая	0,050	0,060	0,070	-
2	Кислородная	0,080	0,160	0,250	0,50
	Плазменно-дуговая	0,100	0,200	0,320	-
3	Кислородная	0,160	0,250	0,500	1,000
	Плазменно-дуговая	0,200	0,320	0,630	-

Плазменная резка

На рубеж – 50 – 60-х гг. появились как кислородные машины, описанные выше, так и плазменные с устройствами числового программного управления (УЧПУ).

Плазменная резка заключается в проплавлении разрезаемого металла за счет теплоты, генерируемой сжатой плазменной дугой, и интенсивном удалении расплава плазменной струей [4].

Плазма представляет собой ионизированный газ с высокой температурой, способный проводить электрический ток. Плазменная дуга получается из обычной дуги в специальном устройстве – плазмотроне – в результате ее сжатия и вдувания в нее плазмообразующего газа (рис 3). Различают две схемы плазменной резки:

– плазменно-дуговая резка;

– резка плазменной струей.

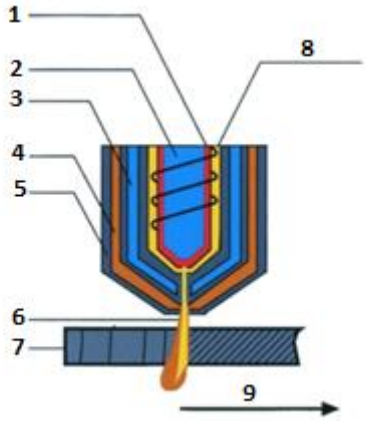

Рис. 3. Устройство плазменной головки

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

1-электрод (катод), 2-охладитель электрода, 3-охладитель сопла, 4-вторичный газ, 5-колпачок сопла, 6-плазменная дуга, 7-изделие (анод), 8-направление резки.

При плазменно-дуговой резке дуга горит между неплавящимся электродом и разрезаемым металлом (дуга прямого действия). Столб дуги совмещен с высокоскоростной плазменной струей, которая образуется из поступающего газа за счет его нагрева и ионизации под действием дуги. Для разрезания используется энергия одного из приэлектродных пятен дуги, плазмы столба и вытекающего из него факела.

При резке плазменной струей дуга горит между электродом и формирующим наконечником плазмотрона, а обрабатываемый объект не включен в электрическую цепь (дуга косвенного действия). Часть плазмы столба дуги выносится из плазмотрона в виде высокоскоростной плазменной струи, энергия которой и используется для разрезания.

Плазменно-дуговая резка более эффективна, нежели резка плазменной струей, и широко применяется для обработки металлов. Резка плазменной струей используется реже и преимущественно для обработки неметаллических материалов, поскольку они не обязательно должны быть электропроводными.

Для плазменных машин характерна резка практически всех промышленных металлов толщиной до 100...150 мм,а именно

– алюминия и сплавов на его основе толщиной до 120 мм;

– меди толщиной до 80 мм;

– легированных и углеродистых сталей толщиной до 50 мм;

– чугуна толщиной до 90 мм.

По опыту отечественного судостроения одна портальная машина с ЧПУ может переработать при плазменной резке листа углеродистой стали толщиной 10... 12 мм – до 6 тыс.т (при средней длине реза 40 м на листе размером 2х8 м).

Лазерная резка

Возможности технологического использования лазерного излучения обусловлены специфичностью свойств этого излучения – монохроматичностью,

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

когерентностью, высокой направленностью, особой пространственно-временной структурой.

Лазерное излучение монохроматично, т. е. представляет собой электромагнитное излучение одной длины волны. В зависимости от вида активной среды излучатели технологического лазерного оборудования генерируют излучение в диапазоне длин волн от 0,337 (ближняя ультрафиолетовая область) до 10,6 мкм (инфракрасная область электромагнитного спектра).

Одним из важнейших свойств лазерного излучения является его высокая направленность, т. е. генерируемая энергия может легко передаваться по лучу на значительные расстояния и в соответствии с законами геометрической оптики легко фокусироваться на площади небольших размеров.

В структуре излучения могут наблюдаться различные типы колебаний (моды). Для обеспечения наилучших условий фокусирования излучения наибольший интерес представляют моды низкого порядка (например, Гауссово распределение). Чем ниже порядок моды, тем в меньшее пятно может быть сфокусировано излучение

Лазерная резка материалов может быть выполнена как импульсным, так и непрерывным лазерным излучением. Причем импульсное излучение целесообразно использовать в тех случаях, когда требуется прецизионная обработка пазов или резов малых размеров. Вопросы производительности при этом отступают на второй план, так как лазерная резка в таких случаях является единственным технологическим средством обеспечения поставленной конструктором задачи.

Непрерывное излучение, наоборот, дает возможность осуществить высокопроизводительную резку, причем с малыми потерями материала при обработке, что выгодно отличает лазерную резку от традиционных методов раскроя, в том числе и от резки струй плазмы. Однако достигаемые при этом точность и качество резки могут быть ниже, чем при использовании импульсного излучения [3].

С помощью лазера возможно обрабатывать как неметаллические материалы так и металлические. Неметаллы в отличие от металлов очень хорошо поглощают инфракрасное излучение, поэтому эффективность их обработки очень

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

высока. Этим и определяется целесообразность использования CO_2-лазеров для резки стеклоткани, синтетических тканых материалов, керамики, дерева, искусственной кожи, пластмассы, бумаги, картона и т.п

С помощью лазерного излучения возможно обрабатывать металлические материалы такие как: углеродистые стали, легированные стали, алюминиевые сплавы, медные сплавы.

Лазерный раскрой металлических материалов наиболее эффективен при необходимости получения заготовки со сложным профилем в условиях мелкосерийного производства из материала толщиной до 12 мм.

Шероховатость поверхности может быть уменьшена с помощью дополнительных «выхаживающих» проходов.

При резке непрерывным излучением для интенсификации процесса совместно с лазерным излучением подается струя рабочего газа (обычно кислород, направляемый соосно лучу через сопло). В присутствии кислорода в зоне лазерного воздействия имеет место экзотермическая реакция, ускоряющая процесс локального разрушения материала. Для резки обычно применяется излучение мощного CO_2-лазера [1].

Микрогеометрия поверхности реза специфична. На ряде режимов проявляется характерная «бороздчатая» структура микрорельефа. Неоднородна структура рельефа и по глубине реза. Обычно на выходе луча из материала шероховатость несколько выше, чем в; средней части реза и на входе его в материал. Наибольшее влияние на шероховатость поверхности реза оказывает скорость обработки. Для каждого вида и толщины материала можно найти оптимальную скорость, при которой шероховатость будет минимальной около 30 мкм. Следует, однако, учесть, что такая скорость в то же время не соответствует самому производительному режиму обработки. Тем не менее по сравнению с другими методами раскроя материала лазерная резка обеспечивает четкие кромки реза, практическое отсутствие грата при обработке (рис 8)

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

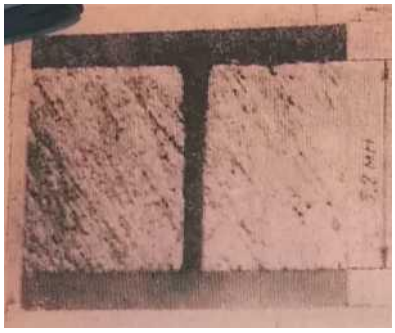

Рис. 4. Качество поверхности после обработки

Точность обработки

Это комплексный параметр качества, который определяется на 50–80% точностью режущей машины, но зависит также от погрешностей технологического процесса. Требования к точности диктуются назначением и толщиной деталей. Как правило, погрешности деталей толщиной мм должны укладываться в допуск 0,1–0,5 мм. Из параметров качества на технологическую точность резки влияют ширина реза, шероховатость поверхности и неперпендикулярность кромок. Точность портальных машин с ЧПУ на микро ЭВМ для термической, в том числе для газолазерной резки регламентируется ГОСТ 5614–74 и ГОСТ 26940–86. Предельные отклонения от номинальных размеров квадратов со стороной 0,5 м и окружностей диаметром 0,5 м, воспроизводимых машиной, не должны превышать ± (0,1÷0,25) мм. Предельные отклонения размеров контуров деталей на углах удваиваются.

При использовании лазерной технологии экономится до 80% времени по сравнению с ручным раскроем деталей кузовов автомобилей в опытном производстве. Большие перспективы использования лазерной технологии имеются в судостроении, где листовой материал толщиной до 5 мм составляет около 15% общего объема стальных листов.

Способом лазерной резки изготовляются дисковые пилы с различным профилем режущих зубьев, ножи грануляторов химического машиностроения, пуансоны и матрицы наборных вырубных штампов, специальные матрицы для резки или тиснения картонной упаковки.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Лазерная резка импульсным излучением применяется для получения пазов в кристаллах естественных алмазов перед их распиловкой дисками, шаржированные алмазным порошком.

Гидрообразивная резка

Гидроабразивная резка – это вид обработки материала резанием, где в качестве режущего инструмента выступает струя воды с частицами абразива, подающаяся под высоким давлением со сверхзвуковой скоростью. Физическая суть процесса гидроабразивной резки состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц материала скоростным потоком твердофазных частиц.

Любая установка гидроабразивной резки работает по следующей схеме:

1. Насосы высокой мощности создают давление воды от 3800 до 6200 бар внутри самоцентрирующейся режущей головки.

2. В сопле формируется тонкая струя воды, которая под большим давлением, со скоростью выше скорости звука, подается в смеситель.

3. В смеситель аппарата из сопла подается вода, а абразивный материал – из специального бункера для абразива.

4. После смешивания вода с абразивом образуют режущую струю, которая подается на разрезаемый материал.

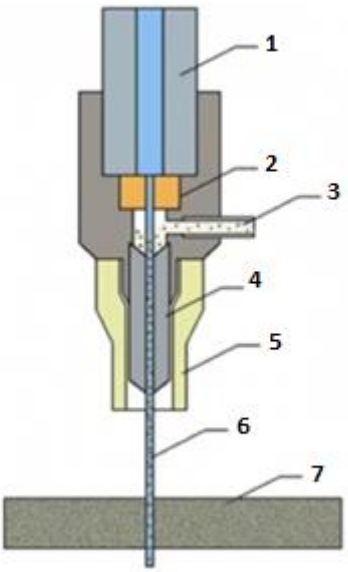

Рис. 5. Схема головки для гидроабразивной резки

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

1-подвод воды под высоким давлением, 2-сопло, 3-подача абразива, 4-смеситель, 5-кожух, 6-режущая струя воды с абразивом, 7-разрезаемый материал.

Гидрообразивная резка способна обрабатывать металлические материалы толщиной до 100 мм. Вне зависимости от материала, будь это черные или цветные металлы, а также медь, никель, латунь, алюминий, магний, титан.

Гидроабразивная резка – это «холодный» процесс, так как он не требует дополнительного тепло-вложения. В процессе резки задействуются вода и абразив, нагрев разрезаемого материала остается незначительным, отсутствуют термическая и механическая деформации. За счет этого качество поверхности материала высокое и в большинстве случаев не требует последующей обработки. Шероховатость обрабатываемых металлов варьируется от Rz60-Rz-20.

Гидроабразивные станки способны изготавливать детали с очень малым допуском – в некоторых моделях всего 0,025 мм. Типичный допуск в отрасли гидравлической резки составляет от 0,076 до 0,127 мм. Для материалов толщиной более 2,54 см различные станки позволяют изготавливать детали с точностью от +/- 0,127 до 2,54 мм.

Выводы

Подводя итог вышесказанному можно сделать следующие выводы. Необходимо использовать газовую резку при обработке материалов от 50 мм и выше, когда деталь будет подвергаться дополнительной обработке (фрезерование, шлифование, долбление). Плазменная резка используется при толщинах от 8 до 150 мм, этот метод раскроя, производительнее чем газовая резка при толщинах до 50 мм, это необходимо учитывать. Лазерная резка эффективна при толщинах до 10 мм, качество поверхности и точность получаемых деталей, в основном не требует дополнительной обработки. Гидроабразивная обработка наиболее точная из всех представленных методов раскроя, однако, и наиболее дорогая. Точность и качество поверхности не требуют дополнительной обработки.

Список литературы

1. Способ лазерной обработки металлического материала с управлением поперечным распределением мощности лазерного пучка в рабочей плоскости,

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

включая установку и компьютерную программу для реализации упомянутого способа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://findpatent.ru/patent/274/2746317.html

2. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Том 2 Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии / Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожалова, Ф.В. Седыкин [и др.].

3. Лазерные технологии на машиностроительном заводе / Н.Г. Терегулов, Б.К. Соколов, Г. Варбанов, Б.С. Малышев, М.И. Неганов, Е.Ю. Ерофеев [и др.].

4. Термическая резка, газотермическое напыление и производство ацетилена: сборник научных трудов.

5. Лазерная обработка / В.С. Коваленко.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)