

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 6 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

ЛЕКЦИЯ

Тем: Лазерная резка

Цель работы: Изучить особенности лазерной резки

План

1. Применение лазерной резки, преимущества и недостатки
2. Технология лазерной резки металла
3. Способы лазерной резки металла
4. Виды лазерной резки
5. Оборудование для лазерной резки
6. Особенности лазерной резки для некоторых металлов
7. Параметры качества лазерной резки

1. Применение лазерной резки, преимущества и недостатки

Применение лазерной резки

Лазерная резка – наиболее оптимальный и технологичный способ обработки различных видов металла. Этот способ обработки металла активно применяется в промышленном производстве и составляет более 35 % всего использования лазера. Лазерная резка имеет ряд конкурентов: механическое резание с использованием полотен, абразивов и фрез, газокислородная и плазменная резка. Однако, по сравнению с традиционными методами резки, использование лазера при обработке тонколистового металла, имеет ряд

неоспоримых преимуществ, таких как: простота, скорость резки и качество поверхности реза.

Применение лазерной резки металла можно назвать самым высокотехнологичным и современным способом обработки металла. Сфокусированное лазерное излучение, которое обеспечивает высокую концентрацию энергии в одной точке, дает возможность разрезать почти все металлы и сплавы, независимо от их тепловых и физических свойств.

Преимущества лазерной резки

- высокоточная резка металлов;
- оборудование для лазерной резки работает над созданием криволинейных конструкций всех степеней сложности, а также объемных деталей и фасонных изделий;
- в процессе работы не происходит нагрев поверхности заготовки;
- образуется рез высокого качества;
- не происходит деформации материала в ходе работе;
- нет механического воздействия на заготовку;
- используется бесконтактный метод работы;
- технология справляется с созданием даже хрупких и сложных деталей;
- работа ведется без образования пыли;
- технология прекрасно зарекомендовала при работе с любыми металлами, в том числе имеющих высокий уровень теплопроводности, и их сплавов;
- возможно выполнение работы в автоматическом режиме;
- способ используется для резки не только металлов, но также пластика и дерева, картона, текстиля и кожи, иных материалов;
- продукция выходит качественной и не требующей дополнительной обработки;
- метод практически идеален для работы с легко деформирующимися в процессе механической работы заготовками;
- зона нагревания поверхности изделия минимальна;
- не происходит перегрева изделий во время работы;
- сроки производства очень короткие;
- оборудование чрезвычайно просто управляется.
- возможность автоматизации и роботизации процесса.

Недостатки лазерной резки

- высокая стоимость по сравнению с иными видами,
- неравномерная скорость изготовления
- жесткие ограничения по размерам обрабатываемой заготовки.

Лазерной резке можно подвергнуть листы с габаритами не более чем 15x30 м. Еще одним ограничением является толщина материала – заготовка не должна быть толстостенной.

- тип лазера сильно влияет на эффективность резки и иные параметры.
- неправильная работа оборудования может привести к пережогу металла.

2. Технология лазерной резки металла

Лазерная резка металла выполняется при помощи луча лазера, получаемого при помощи специальной установки. При создании изделий методом лазерной резки луч фокусируется на заданной стенке и прожигает требуемое отверстие. Отличная управляемость процесса прожига также увеличивает точность отверстий.

При этом степень термического воздействия на окружающую поверхность минимальна, никаких существенных изменений в структуре металла не происходит. Лазерная резка металла происходит на специальных станках которые предназначены для лазерной резки. Управление лазером осуществляется с помощью вычислительной техники. Передовые станки позволяют производить резку с точностью до сотых долей миллиметра. Современные лазерные установки способны излучать лазерный луч для резки металла толщиной 45 мм (резка сжатым кислородом) и 50 мм (резка азотом). Лазерная режущая головка с помощью ЧПУ и новейших поводов способна развивать осевое ускорение до 30 м/с² и развивать скорость позиционирования до 10 м/с, что обеспечивает максимальную производительность за счет уменьшения времени холостого хода.

Свойства такого луча позволяют фокусировать его на поверхности небольшой площади, создавая при этом энергию, характеризующуюся высокой плотностью. Это приводит к тому, что любой материал начинает активно разрушаться (плавиться, сгорать, испаряться и т.д.).

Станок лазерной резки металла, к примеру, позволяет концентрировать на поверхности обрабатываемого изделия энергию, плотность которой составляет 10⁸ Ватт на один квадратный сантиметр. Этот эффект объясняется свойствами лазерного луча.

Свойства лазерного луча:

- Лазерный луч, в отличие от световых волн, характеризуется постоянством длины и частоты волны (монохроматичность), что и позволяет легко фокусировать его на любой поверхности при помощи обычных оптических линз.
- Исключительно высокая направленность лазерного луча и

небольшой угол его расходимости. Благодаря такому свойству на оборудовании для лазерной резки можно получить луч, отличающийся высокой фокусировкой.

- Лазерный луч обладает еще одним очень важным свойством – когерентностью. Это значит, что множество волновых процессов, протекающих в таком луче, полностью согласованы и находятся в резонансе друг с другом, что в разы увеличивает суммарную мощность излучения.

Процессы, происходящие при резке металла с использованием лазера, хорошо заметны на приведенных в статье видео. При воздействии луча на поверхность металла происходит быстрое нагревание и последующее расплавление подвергаемой обработке площади.

Быстрому распространению зоны плавления вглубь обрабатываемого изделия способствуют несколько факторов, в том числе и теплопроводность самого материала. Дальнейшее воздействие лазерного луча на поверхность изделия приводит к тому, что температура в зоне контакта достигает до точки кипения и обрабатываемый материал начинает испаряться.

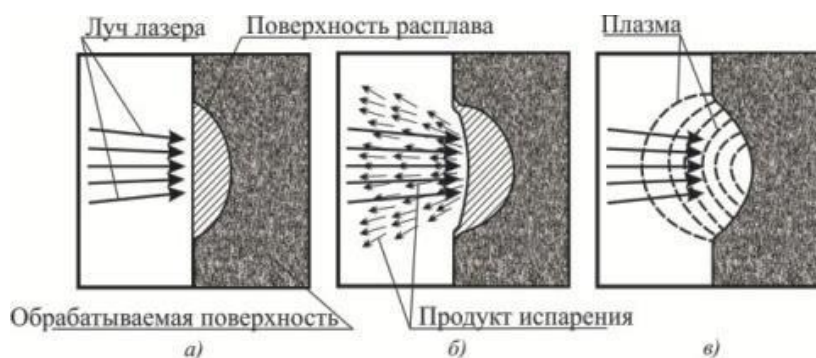


Рисунок 43.1 - Схема процесса лазерной резки

3. Способы лазерной резки металла

Лазерную резку металла может выполняться двумя способами:

- испарением обрабатываемого металла.
- плавлением металла;

Резка испарением

Для того чтобы выполнить резку металла методом испарения, требуется большая мощность оборудования и, как следствие, значительные энергозатраты, что не всегда целесообразно с экономической точки зрения. Ограничивают использование такого метода и строгие требования к толщине обрабатываемых изделий. Именно поэтому данный метод используют только для резки тонкостенных деталей.

Резка плавлением

Значительно большее распространение получила лазерная резка

металла методом плавления. В последнее время лазерную резку методом плавления все чаще проводят с использованием газов (кислород, азот, воздух, инертные газы), которые с помощью специальных установок вдувают в зону.

Такая технология позволяет снизить энергозатраты, повысить скорость работы, использовать оборудование небольшой мощности для резки металла большой толщины. Конечно, это нельзя считать лазерной резкой в чистом виде, правильнее будет называть его газолазерной технологией.

Использование кислорода в качестве вспомогательного газа при выполнении лазерной резки позволяет одновременно решить такие важные задачи, как:

- активизация процесса окисления металла (это позволяет снизить его отражающую способность);
- повышение тепловой мощности в зоне реза (поскольку металл в среде кислорода горит более активно);
- выдувание из зоны реза мелких частиц металла и продуктов сгорания кислородом, подаваемым под определенным давлением (это облегчает приток газа в зону обработки).

4. Виды лазерной резки

Интенсивность излучения, состав газа, используемого для проведения работ и давление при обработке различных металлов должны отличаться. Поэтому были разработаны несколько разновидностей резки.

Лазерно-кислородная резка

Кислород, используемый в данном виде обработки, является режущим газом. В процессе его взаимодействия с горячим металлом возникает экзотермическая реакция окисления. А образующиеся в ходе того же процесса окислы мгновенно выдуваются кислородной струей.

Особенностями проведения работ с помощью данного вида лазерной резки являются скорость работы и диаметр сфокусированного луча, которые влияют на ширину разреза. Одновременно диаметр луча меньше, чем диаметр струи кислорода (как правило от 1 до 2 мм). Рез становится уже при возрастании скорости и снижении толщины заготовки. Разрез имеет минимальную ширину чуть менее 100 мкм. Существует обратная зависимость давления кислородного потока от толщины материала – с уменьшением толщины металла увеличивается давление.

Давление в процессе разрезания тонкого листа достигает 3-4 атм, а при увеличении толщины до 25 мм и более она становится около 0,3 атм. Струю формирует зазор между срезом сопла. Его размер зависит от толщины обрабатываемого металла. Колебания размера зазора могут быть

от 0,5 мм для листов тонкого металла до 3 мм для металла толщиной 2,5–3 см. Максимальная толщина стального листа, разрезаемого лазером с мощностью 6 кВт, – 3 см. Скорость процесса при данной толщине – минимальная, около 0,5 м в минуту. Если скорость работы продолжает уменьшаться, то еще быстрее падает качество резки.

Кислородная резка с поддержкой лазерным лучом (LASOX).

Для работы с листами стали большой толщины имеет смысл использовать получившую в последние годы широкое распространение технологию, при которой луч лазера греет поверхность металла до достижения им температуры +1 000 °С, после чего в ход идет струя кислорода, которая со сверхзвуковой скоростью режет металл. Применение данного метода дает возможность существенно увеличить глубину разреза, если ее сравнивать с простой лазерно-кислородной резкой.

Сверхзвуковая кислородная струя формируется большим давлением, достигающим 6–10 атм. Рез имеет ширину, равную диаметру струи кислорода. Она имеет размер ≥ 3 мм. Расстояние от среза сопла до поверхности должно быть примерно 7 мм. Скорость реза при этом уменьшается до 0,2 м в минуту. Скорость работы при использовании представленной технологии значительно снижена по сравнению с лазерно-кислородной резкой. Но толщина обрабатываемого металла достигает 10 см.

Лазерная резка в инертном газе

Если нельзя допускать окисления краев обрабатываемого металла, то прекрасно работает технология лазерной резки в инертном газе. Она подходит для таких металлов, как титан, нержавейка, сплавы алюминия. Данная технология не предусматривает использования дополнительного источника нагрева, что, к сожалению, уменьшает эффективность раскроя металла.

Скорость проведения работ в среде инертного газа, а им может быть аргон, использующийся при резке титана, или азот, применяемый в иных случаях, достаточно низкая. Давление режущего газа должно быть более 10 атм. От ширины листа обрабатываемого металла зависит диаметр сопла. А он, соответственно, оказывает влияние на количество используемого газа, увеличивая его. Что сказывается на увеличении стоимости резки.

Лазерное термораскалывание стекла

Данная технология хорошо работает для резки хрупких и ломких материалов, таких как стекло. Луч лазера нагревает материал неравномерно, а затем струя инертного газа работает на его охлаждение. В итоге образуется трещина. Направлением ее продвижения можно управлять, перемещая источник тепла вдоль поверхности материала. Результат работ –

гладкая ровная грань.

Сублимационная резка (испарительная лазерная).

При необходимости минимизации теплового воздействия на подложку применяют технологию сублимационной резки. Основное ее приложение – микротехнологии. Интенсивность излучения лазера для такого вида резки должна быть очень высокой. Давайте рассмотрим, как работает станок лазерной резки. Если кратко, то оборудование действует на излучении пикосекундной и наносекундной длительности импульсов, то есть очень коротких. Волна излучения имеет длину меньше 1 мкм. Для такого излучения применяют эксимерные, твердотельные лазеры, а также те, что работают на парах металлов. Коэффициент полезного действия (КПД) таких процессов минимальный.

Лазерно-кислородная технология является наиболее распространенным и стандартным видом резки материалов. Остальные виды носят специфический характер и решают отдельные задачи.

5. Оборудование для лазерной резки

Оборудование для лазерной резки металла делится на три основных типа:

- Газовые установки для лазерной резки
- Установки твердотельного типа
- Газодинамическое оборудование

Газовые установки для лазерной резки

Газы в таких установках, используемые в качестве рабочего тела, могут прокачиваться по продольной или поперечной схеме. Принцип работы таких лазеров заключается в возбуждении атомов газа под действием электрического разряда, вследствие чего частицы начинают излучать монохроматический свет. Большое распространение в современной промышленности нашли щелевидные установки, работающие на углекислом газе. Они достаточно компактные, при этом мощные и отличаются простотой в эксплуатации.

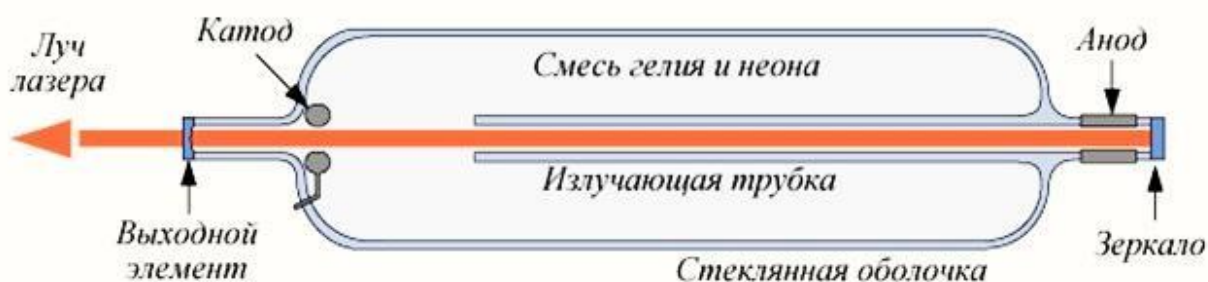


Рисунок 43.2 - Принцип действия газовой установки

Установки твердотельного типа

Конструкция такого оборудования состоит из двух основных элементов: лампы накачки и рабочего тела, в качестве которого чаще всего используется стержень из искусственного рубина. В состав последнего также включен неодим иттриевого граната. Лампа накачки в таких аппаратах необходима для того, чтобы передать на рабочее тело требуемое излучение. Чаще всего такие установки для лазерной резки работают в импульсном режиме, но есть и модели, функционирующие непрерывно.

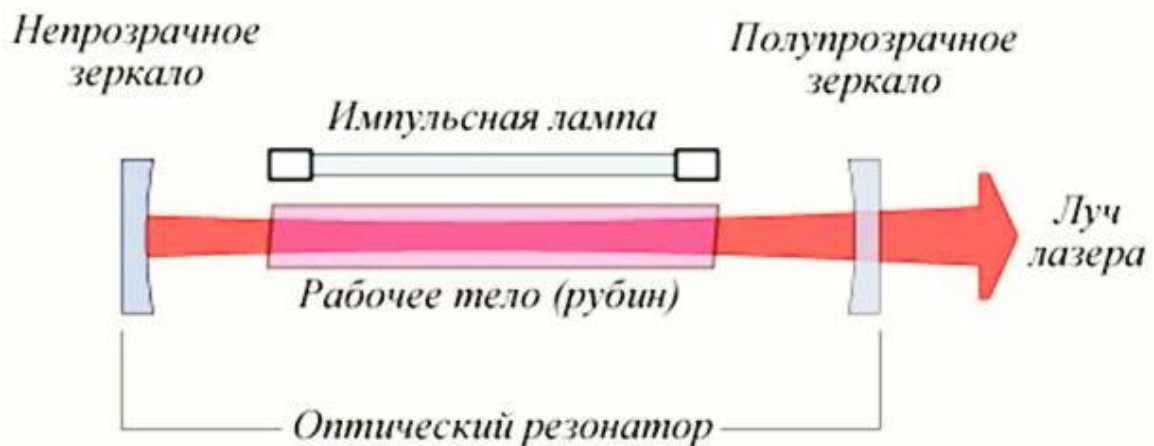


Рисунок 43.3 - Принцип действия рубинового лазера

Газодинамическое оборудование

В газодинамических установках рабочий газ предварительно нагревается до 2–3 тысяч градусов, затем на высокой скорости (выше скорости звука) пропускается через специальное сопло, а после этого охлаждается. Такое оборудование является очень дорогостоящим, как и сам процесс формирования лазерного луча, поэтому его использование очень ограничено.

Если посмотреть видео работы лазерной установки, то очень сложно определить, к какой группе она относится. Для этого необходимо получить представление об устройстве такого оборудования.

Любое оборудование для выполнения лазерной резки, к какой бы группе оно ни принадлежало, содержит следующие элементы:

- систему, отвечающую за передачу и образование газа и излучения (в состав такой системы входят сопло, устройство для подачи газа, юстировочный лазер, поворотные зеркала, оптические элементы и др.);
- излучатель, оснащенный зеркалами резонатора, содержащий активную среду, устройства для накачки и обеспечения модуляции, если она

- необходима;
- систему управления всеми параметрами работы оборудования и осуществления контроля за их соблюдением;
 - узел, обеспечивающий перемещение обрабатываемого изделия и лазерного луча.

6. Особенности лазерной резки для некоторых металлов

Алюминий.

Высокая теплопроводность алюминия и плохая способность поглощать луч лазера из-за оптических и теплофизических характеристик металла определяют особенности его обработки.

Все это приводит к сложностям в раскрое металла. Аппаратура работает на компьютерном управлении и легко настраивается.

При работе с алюминием мощность луча лазера должна быть больше, чем для иных материалов.

Впрочем, на показатели мощности и скорость работ большое влияние оказывают толщина металла, а также процент алюминия, содержащийся в обрабатываемом материале.

Лазерная резка данного металла происходит на различном по режимам работы и мощности оборудовании твердотельного типа, а также на газовых устройствах.

Последние являются более мощными, могут работать импульсно или в непрерывном режиме.

А твердотельное оборудование, как правило, работает в точечном (импульсном) режиме.

Технологический процесс имеет ряд особенностей. Алюминий лучше режет лазерный луч, чем обычное оборудование для резки металла. Причина в том, что при работе лазером оборудование не касается заготовки, в отличие от иной аппаратуры.

Лазерный луч представляет собой сфокусированный пучок света, с помощью которого происходит резка. Точная фокусировка позволяет провести обработку алюминия с высокой скоростью. К месту работы подводится газ и создается его приток. Струя газа сдувает кусочки расплавленного металла с места реза, не давая им осесть, и делает поверхность ровной и гладкой.

Качественного результата можно добиться, проводя работу с меньшей скоростью. Поскольку она исключает любые деформации, как большие, так и маленькие.

Для исключения каких-либо шероховатостей на кромках реза, даже

незначительных, при работе оборудования используется азот.

На аппаратура установлено программное обеспечение, которое дает возможность проводить сверхточную работу высокого качества. Кроме того, заготовку не надо закреплять перед началом работ, поскольку физический контакт между оборудованием и изделием отсутствует. Деталь лежит на поверхности без движения.

Автоматическое оборудование работает следующим образом: в компьютер вносится чертеж, выставляются требуемые параметры, далее ожидается окончание резки.

Латунь.

Латунь – это сплав красной меди и цинка. Хрупкость и твердость сплава определяются процентным содержанием цинка в нем – чем больше этого металла, тем выше данные показатели. Однако увеличение количества цинка ведет к непригодности использования латуни в технических целях, поскольку она практически не поддается резке. Установлено, что цинка в латуни может быть не более 42 %.

Латунь имеет высокую температуру плавления, поскольку сплав двухкомпонентный, то есть состоит из цинка и меди. Температура, необходимая для плавки латуни, как правило, имеет диапазон от +880 °С до +950 °С. Помимо этого, латунь обладает значительной теплопроводностью, устойчивостью к излучению лазера и повышенной твердостью.

Настройка промышленного лазерного станка зависит от толщины обрабатываемой латунной заготовки:

- для латуни толщиной менее 5 мм используют импульсный режим;
- если заготовка имеет толщину от 5 до 12 мм, то применяют плазменный режим резки.

Импульсный режим нагревает поверхность с короткими перерывами (импульсами), а не постоянно. Таким образом, уменьшается участок нагрева, что приводит к минимизации ширины реза и более высокому качеству краев. При резке латуни, которая имеет большую отражающую способность, оборудование работает в импульсном режиме, выдавая небольшую мощность лазерного луча при пороговой интенсивности.

Расплавный (плазменный) режим позволяет равномерно воздействовать теплом на зону разреза. Луч лазера раскаляет металл с помощью инертного газа. Плазма, которая образуется в ходе работы, сохраняет температуру по всей толщине заготовки.

Если торец изделия имеет шероховатость или пористость, это можно убрать с нижней стороны изделия. Лист меди очень плохо поглощает

излучение. А оборудование для резки работает с малой скоростью. Помимо точного выбора режима работы, необходимо правильно выполнять условия лазерной резки листов металла различной толщины.

Качественный результат получается при использовании волоконных установок или Nd:YAG лазеров, имеющих длину волны 1,06 мкм. CO₂-лазеры для резки латуни не годятся, поскольку ее поверхность их полностью отражает.

7. Параметры качества лазерной резки

Показателями качества резки металла являются шероховатость, ширина реза, глубина воздействия температуры, неперпендикулярность краев, точность выполнения деталей, грат на кромках. На них оказывают влияние толщина и вид обрабатываемого металла, скорость резки, вспомогательный газ, а также параметры излучения лазера. Для определенной толщины материала подбирают скорость обработки, которая должна приближаться к максимальной, но сохранять наилучшие показатели качества резки.

Качество резки значительно ухудшается с увеличением диаметра сфокусированного излучения, и, как следствие, увеличивается толщина расплава передней поверхности.

Положение фокальной плоскости резака относительно детали значительно влияет на качество обработки. Ее либо заглубляют на 1/3 толщины материала, либо располагают прямо на поверхности. Допустимые отклонения фокальной плоскости от установленного положения должны быть от 0,1 до 0,5 мм. Причем для тонких листов металла выбирают более жесткий показатель. В процессе работы допускается замена кислорода воздухом. Для заготовок толщиной более 3 мм это приводит к сужению ширины реза на 20–40 %. Но на нижнем краю заготовки возрастает количество грата. Это, а также уменьшение скорости работы приводят к углублению зоны термического воздействия.

Шероховатость поверхности реза имеет свою величину, которая характеризуется частотой повторений, наклоном бороздок, глубиной, и изменяется в зависимости от толщины заготовки. У верхнего края находится зона с минимальной глубиной бороздок. Они появляются на верхнем краю и распространяются вглубь материала из-за периодического разрушения. В зоне, которая располагается ниже, бороздки имеют большую глубину по причине одновременного влияния луча лазера и

вспомогательного газа.

Непосредственно у нижнего края реза находится участок, где бороздки имеют максимальное отставание (наклон) в сторону, противоположную резке. Образуются они из-за воздействия вспомогательного газа и жидкого стекающего металла на кромку обрабатываемого материала. На поверхности реза глубина бороздок становится меньше при возрастании скорости резки и плотности мощности. Глубина, на которую заготовка прогревается, и ширина реза зависят от одних и тех же параметров. Это скорость резки и диаметр сфокусированного луча.

На качество резки неметаллических заготовок оказывают влияние все те же параметры, что и на металлические, с одним исключением – они значительно менее подвержены воздействию излучения. Например, над разлагающимися материалами лазерное оборудование работает с меньшей плотностью излучения. При одинаковой толщине со сталями ширина разреза больше в 1,5–2 раза, шероховатость меньше – имеет размер в 30–40 мкм. Кромки срезов стеклотекстолита, дерева, винипласта, кожи или резиностеклопластика (разлагающихся материалов) покрываются обугленным слоем толщиной от 0,5 до 1,0 мм. Если деталь является электроизолятором, то такой слой следует убрать.

Несмотря на то, что точность резки является комплексным параметром качества, она на 50–80 % определяется точностью работы оборудования, а также погрешностями в технологии обработки. Толщина заготовки, а также ее последующее предназначение определяют требования к точности резки. В большинстве случаев, допуск должен составить 0,1–0,5 мм.

Технологическая точность во многом зависит от следующих параметров качества: ширины разреза, неперпендикулярности краев, шероховатости среза. В ГОСТах 26940–86 и 5614–74 описывается необходимая для термической резки (которая включает и газолазерную) точность оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Для окружностей с диаметром 50 см и квадратов, имеющих стороны 50 см, показатель максимальных отклонений от номинала должен быть 0,1–0,25 мм с обе стороны. На углах деталей максимальные отклонения размеров контуров увеличиваются вдвое.

Контрольные вопросы:

1. Что называется резкой?

2. В чем сущность и преимущества лазерной резки?
3. Назовите основные свойства лазерного луча
4. Какими факторами ограничено применение лазерной резки?
5. Какие виды оборудования применяют при лазерной резке?
6. Что такое газолазерная резка?
7. Каковы параметры режима газолазерной резки?
8. Что такое термогазоструйная резка?