

## Какую из технологий выбрать для раскрой материала?

PRINT

EMAIL

С такой проблемой частенько сталкиваются технологи, главные инженеры заводов, заводское начальство, когда приходит пора модернизации производства и выбора нового оборудования. В этой статье мы не будем вдаваться в принцип действия той или иной технологии, на сайте уже присутствует фундаментальная информация о разных технологиях. Попробуем разобраться, какое оборудование сейчас есть на рынке, что оно позволяет и какую технологию выбрать для той или иной задачи.

Как известно, на выбор технологии обработки влияет множество факторов:

- Материал и его толщина
- Необходимость получения формовки на заготовке
- Геометрическая форма детали
- Общие условия (обработка должна быть возможна существующими станками и инструментом)
- Требования к точности и качеству реза (возможно ли механическое или термическое влияние)
- Срок изготовления, стоимость

Есть задача - раскрой металлического листа. Пока предлагается абстрагироваться от размеров листа, толщины, материала этого самого листа и, главное, геометрии детали. К этому мы подойдем постепенно и влияние каждого из этих параметров на технологию обработки рассмотрим отдельно. Основное, что будет интересовать, это технологические возможности (с точки зрения толщины и типа материала), скорость и качество реза, себестоимость одного метра реза. В качестве исходных данных будут взята информация, полученная от фирм, являющихся ведущими производителями оборудования, реализующего интересующие нас технологии или информация, полученная из открытых источников. Мы не ставим перед собой задачи рекламы какого-либо производителя, в связи с этим не будем называть фирм, чьи данные мы использовали как базовые, надеемся, что читатель статьи нас за это не упрекнет.

Итак:

На сегодняшний день существуют 4 основные технологии, позволяющие производить раскрой металлического листа:

- Резка методом высечки

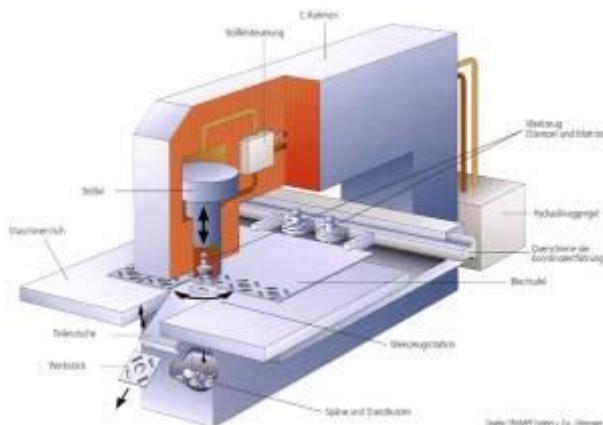


Рис. 1



рис 2



рис. 3



рис 4

- Лазерная обработка

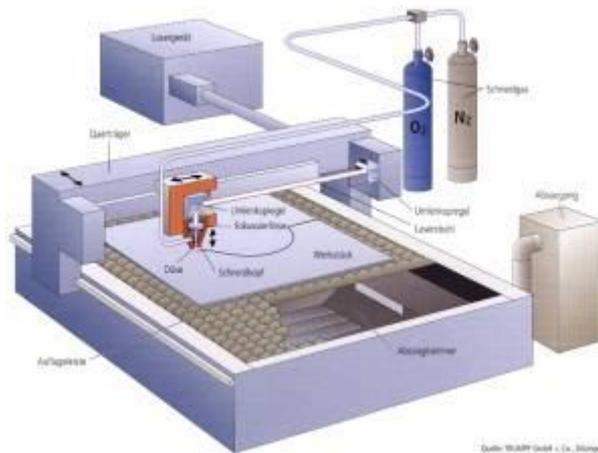


Рис. 5

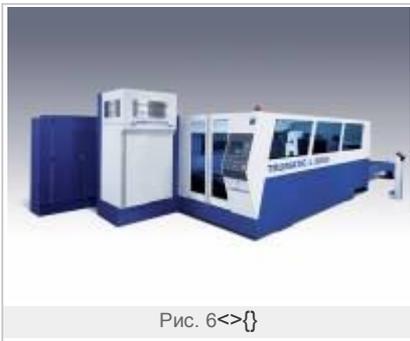


Рис. 6 <> }



Рис. 7

- Водно-абразивная резка

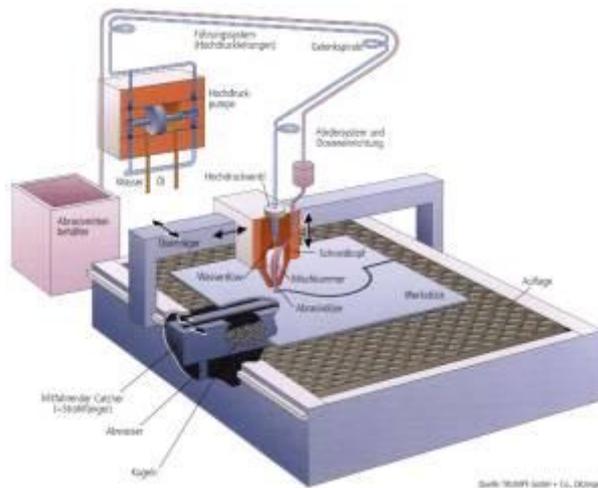


Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10

- Плазменная резка

*Эта технология раскроя уступает трем вышеуказанным почти по всем параметрам, в связи с этим, детально эту технологию мы рассматривать не будем, а лишь иногда упомянем, где могут быть преимущества технологии плазменной резки.*

Лазер, вода или высечка?

1. Материал... Начнем рассмотрение технологий с рассмотрения обрабатываемых материалов.

Согласно публикации профессора Гарри Тонига (Harry Thonig) / Saechsische Werkzeug und Sondermaschinen GmbH, 1998 г., для лучшего понимания границ между возможностями лазерного раскроя и раскроя методом водно-абразивной резки, нужно отталкиваться от следующей таблицы:

Материал	Толщина материала	Лазерная резка	Водно-абразивная резка
Черная сталь	до 20 мм до100 мм	+ /	- +
Нержавеющая сталь	до 12 мм до100 мм	+ /	- +
Алюминий и его сплавы	до 8 мм до100 мм	+ /	- +
Металлы с высокой отражающей способностью (медь и т.д.)	до 4 мм до100 мм	+ /	+ +
Титан	до100 мм	/	+
Стекло-материалы	до100 мм	/	+
Камень, Керамика	до100 мм	/	+
Пластик	до100 мм	/ или *	+
Резина и пенопласт	до100 мм	/ или *	+
Природные материалы / дерево	до100 мм	/ или *	+

“ + ” – обработка возможна

“ - ” – технически возможно, но экономически не целесообразно

“ / ” – технически не возможно или очень накладно

“ \* ” – ограниченно возможно, но при обработке этого материала возможно выделение токсичных газов

Возьмем на себя смелость немного изменить вышеуказанную таблицу, адаптировав ее под настоящую действительность и добавить в нее еще одну технологию: обработка методом высечки.

Таблица 2.

Технологические возможности оборудования для раскроя листовых материалов (модернизированная)

Материал	Толщина материала	Высечка	Лазерная резка	Водно-абразивная резка
Черная сталь	до 8 мм от 8 мм до 25 мм от 25 мм до 100	+ / /	+ + /	- - +

	мм			
Нержавеющая сталь	до 4 мм	+	+	-
	от 4 до 20 мм	/	+	-
	от 20 до 100 мм	/	/	+
Алюминий и его сплавы	до 8 мм	+	+	-
	от 8 мм до 12 мм	/	+	-
	от 12 до 100 мм	/	/	+
Металлы с высокой отражающей способностью (медь и т.д.)	до 6 мм	+	+	+
	от 6 мм до 8 мм	+	/	+
	от 8 мм до 100 мм	/	/	+
Титан	до 3 мм	/	+	+
	от 2 мм до 100 мм	/	/	+
Стекло	до 100 мм	/	/ или *	+
Камень, Керамика	до 100 мм	/	/	+
Пластик	до 100 мм	/	/ или *	+
Резина и пенопласт	до 100 мм	/	/ или *	+
Ламинат		/	/ или *	+
Природные материалы / дерево		/	/ или +, но до определенных толщин, с обожженной кромкой	+

“ + ” – обработка возможна

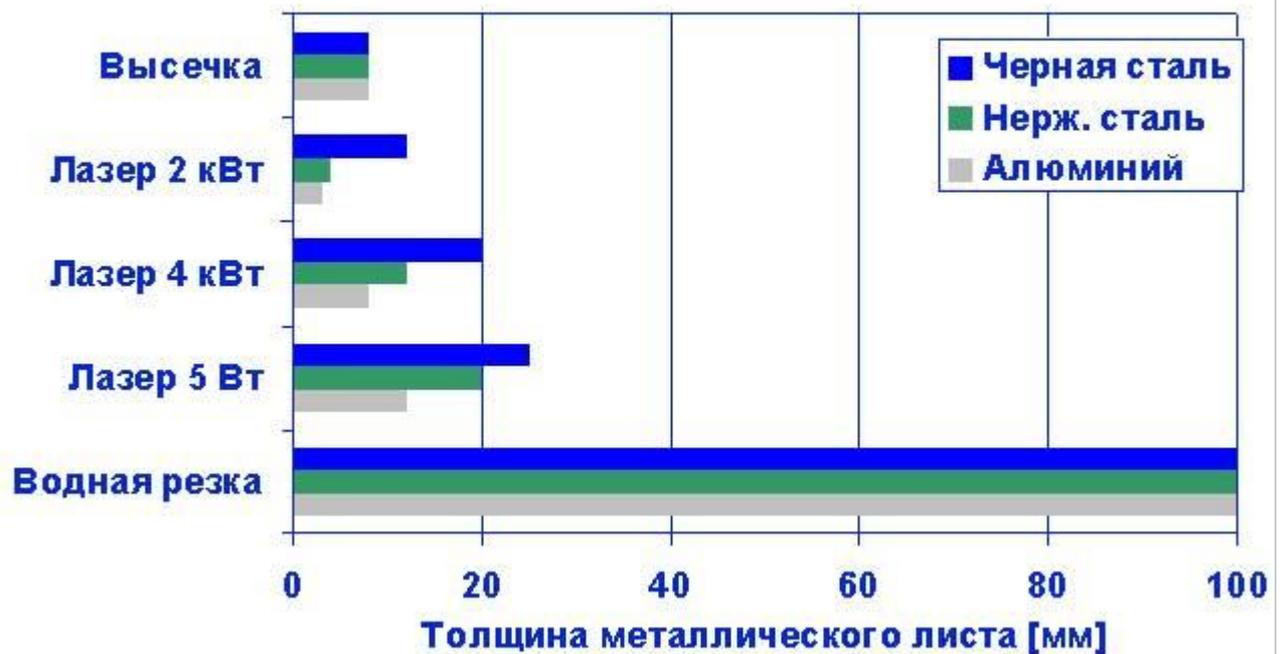
“ - ” – технически возможно, но экономически нецелесообразно

“ / ” – технически не возможно или очень накладно

“ \* ” – ограниченно возможно, но при обработке этого материала возможно выделение токсичных газов

Из полученной таблицы видно, что водно-абразивная резка существенно превышает лазерный раскрой и высечку как по максимально возможным толщинам, так и по спектру обрабатываемых материалов. Теперь немного более подробно обратим внимание на обработку именно металлического листа.

## Максимальные обрабатываемые толщины

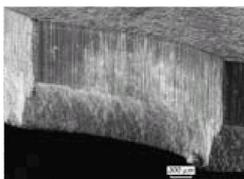
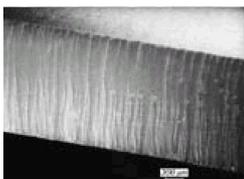
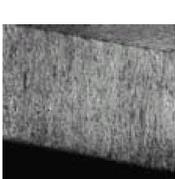


Т.е., если речь идет об обработке неметаллов или металлических листов с толщиной >20-25 мм, пока речь не идет о качестве и себестоимости метра реза, а лишь о наличии возможности разрезать материал в принципе, выбор практически очевиден - станок для водно-абразивной резки. / Необходимо оговориться, что "отвергнутая" нами технология плазменной резки позволяет обрабатывать черную сталь толщиной более 100 мм, и на толщинах > 100 мм, альтернативы плазменной/газовой резке практически не существует. /

2. Разобравшись с возможностями каждой из технологий с точки зрения обрабатываемого материала, попробуем оценить их возможности с точки зрения полученного результата.

Таблица 3.

Зависимость качества реза от используемой технологии

Вид			
Неровность реза	минимальная	минимальная, <100 μm	зависит от скорости
Угол наклона	зависит от ширины реза	немного, на 10 мм < 0,1 мм	зависит от толщины материала и вида реза
Тепловая обработка	Нет	Да, область закалки 0,1-0,2 мм	Нет
Грат / заусенец	Минимален, зависит о заточки инструмента	Может быть, количество зависит от толщины материала и чистоты газа	Нет
Завершающая обработка	в основном, нет необходимости	бывает необходимость	в основном, нет

			необходимость
Минимальная перемычка	~ толщина материала	0,5 – 1,0 x толщина материала	0,3 – 0,7 x толщина материала
Минимально прорезаемый внутренний контур	~ толщина материала	0,5 – 1,0 x толщина материала	0,4 x толщина материала, но не менее диаметра струи (0,8 мм)
Минимальная ширина реза		0,2 – 0,3 мм	0,8 мм, зависит от диаметра дюзы
Деформация материала	возможна, при большой плотности пробиваемых отверстий	незначительна	незначительна
Возможность получения формообразования	возможно	невозможно	невозможно
Маркировка	возможна, с помощью керна	возможна, с помощью термической обработки	возможна, с помощью механического воздействия
Обработка сложных контуров с большим количеством "радиусных переходов"	возможно, но требует наличие инструмента	Возможно	Возможно

С точки зрения требований к качеству готовых изделий, общих рекомендаций нет и быть не может. Здесь уже каждый для себя решает, что его устраивает, а что нет. Так что вышеприведенную таблицу оставляем для анализа нашим читателям.

3. Немаловажным фактором в любом производстве является количество произведенных деталей в единицу времени или, посмотрев на эту проблему с другой точки зрения, можно сказать, скорость изготовления одной детали. Определившись с возможностями различных технологий, попробуем оценить производительность той или иной технологии

## Скорость реза



Диаграмма 2

Итак, как можно заметить, с точки зрения производительности, наибольшей скоростью обладает обработка методом высечки, а лазерная резка явно уступает по скорости всем остальным технологиям. Исключение составляет лишь лазер 5 кВт, который на толщинах 1-1,5 мм показывает скорость сопоставимую и даже выше, чем высечка. Однако окончательную точку в споре высечка-лазер 5 кВт поставит анализ стоимости 1го метра реза, который мы сделаем далее. Лазеры мощностью 2 и 3 кВт, как можно заметить, на толщинах до 3 мм вообще не различаются по скоростям. Очевидно, что для резки этих толщин нужна мощность менее 2 кВт, соответственно на скорость резки этих толщин мощность рассматриваемых резонаторов не влияет, отсюда и соответствующие показатели. Резонатор же 5 кВт ставится на станки, можно сказать, другого поколения, да и при резке тонкого листа там происходят немного другие процессы, отсюда и такой скачок производительности по сравнению с резонаторами 2 и 3 кВт, однако, как можно заметить, на толщинах 3 – 20 мм все возвращается “на круги своя”. Небольшой рост производительности за счет увеличения мощности резонатора.

Должен отметить, что приятно удивили данные о скорости реза водой. Во время анализа материала, подобранного для написания этой статьи, автору сначала попались данные по скоростям реза станка за 1999-2000 год, а немного погодя более свежие - за 2005. Должен сказать, что это данные были предоставлены разными производителями, но, поверьте это две очень “заслуженные” фирмы, являющиеся лидерами в своих областях. Так вот производительность станка для водно-абразивной резки с 2000 года увеличилась в несколько раз. Обратите внимание, раньше станок для водно-абразивной резки уступал по скорости лазерному станку. Сегодня... выводы делайте сами. Единственное, что остается вопросом - получаемое качество реза при раскрое водой на такой скорости. Из предоставленных данных не следует, указана скорость для реза высокого качества или просто раскрой листа. Как не странно, ни в 1999 году, ни в 2005, производители не указывают скорость реза станка для водно-абразивной резки на толщинах менее 5 мм. Почему? Невольно вспоминается Таблица 1 – “для толщин менее 20 мм экономически не целесообразно”. Может быть так оно и есть, лишний повод задуматься.

4. Наконец то мы подошли к самому интересному моменту. Что, с каким качеством и какой скоростью мы сможем раскроить, мы уже знаем. Пора узнать во что обойдется “папаше Дорсету” это удовольствие. К сожалению, для России этих данных найти не удалось, поэтому приведем данные, рассчитанные для Германии.

Для начала рассмотрим стоимость нормо-часа.

## Стоимость нормо-часа

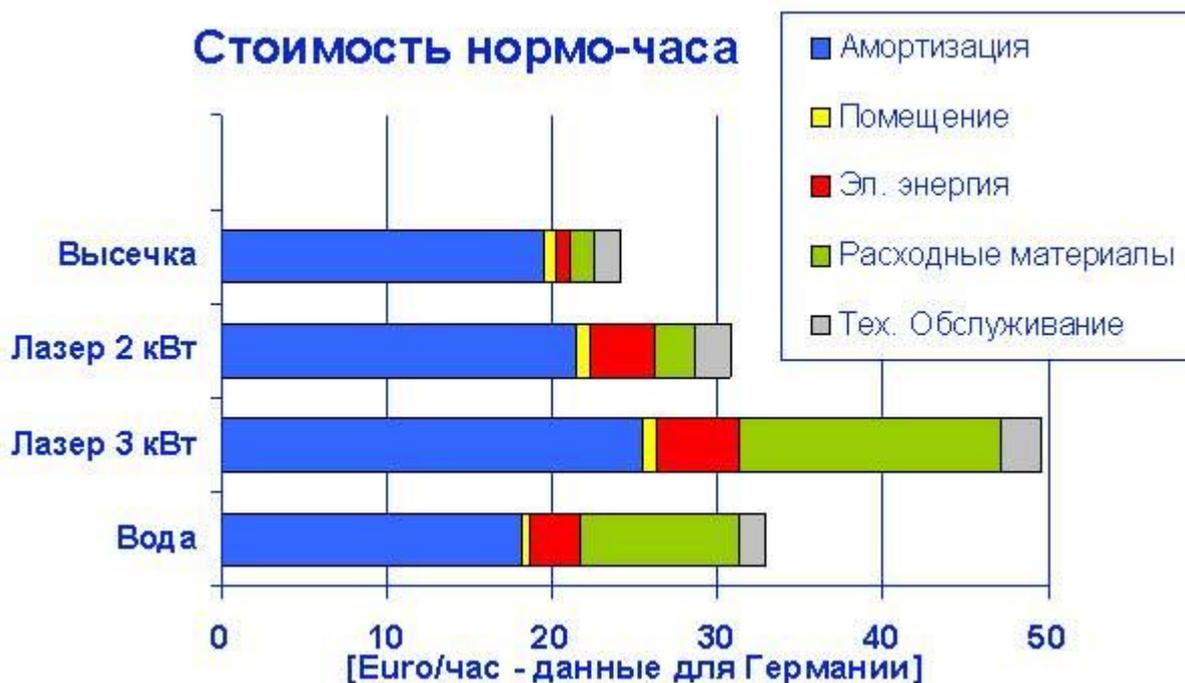


Диаграмма 3

Исходя из стоимости нормо-часа, можно заметить, что наиболее дешево обходится эксплуатация станка для высечки, а наиболее дорогое удовольствие – станок для лазерной резки с мощным лазером. Станок для водно-абразивной резки имеет наиболее дешевую начальную цену, за счет этого наиболее низкие амортизационные отчисления, а расходных материалов потребляется достаточно большое количество. Результат – станок для водно-абразивной резки, за счет высокой стоимости расходных материалов, “обгоняет” высечной станок и станок для лазерной резки с резонатором небольшой мощности.

Теперь попытаемся понять, сколько же стоит 1 метр реза того или иного вида оборудования.

## Стоимость метра реза

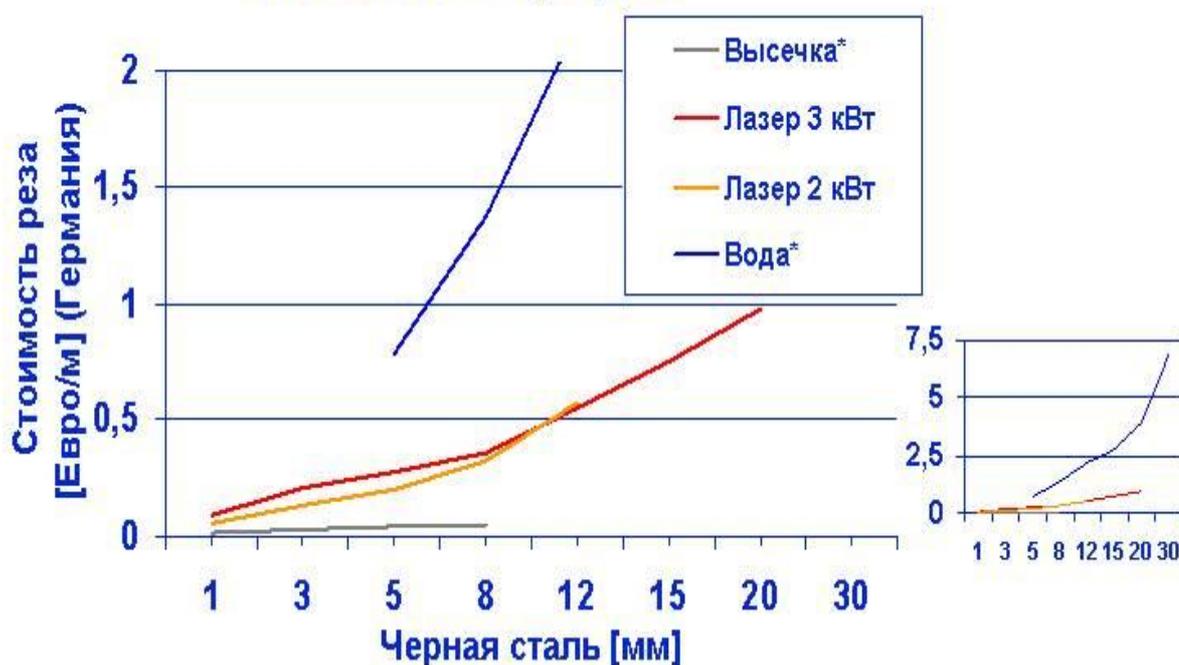


Диаграмма 4

Как и следовало ожидать, при наименьшей стоимости часа реза и наибольшей скорости, раскрой методом высечки является наиболее дешевым методом обработки металлического листа. Лазерная резка является более

дорогостоящим видом обработки, чем высечка, но при этом можно заметить, что стоимость метра реза более мощным лазером несущественно выше метра реза лазером меньшей мощности. Самым дорогостоящим видом обработки является водно-абразивная резка, хотя, необходимо признать, что при расчетах были использованы данные за 2000 год, а как уже писалось ранее, сегодня скорости и, возможно, некоторые другие параметры этой технологии отличаются, и разрыв в стоимости между лазерной и водно-абразивной резкой может несколько сократиться. Сейчас имеет смысл вспомнить о технологии плазменной резки, от рассмотрения которой мы оказались в начале статьи. Плазменный раскрой, уступающий по качеству и, частично, скорости реза как технологии лазерной резки, так и раскрою водой, является еще и достаточно дорогостоящим процессом, превосходящим по стоимости все остальные технологии. Но пока стоимость станка для плазменной резки существенно ниже цен на все остальные станки, плазменная резка будет востребована.

Нужна связка

Анализируя разные технологии обработки листа, можно заметить, что по принципу действия, все технологии можно разделить на две группы, использующие два принципиально разных подхода:

обработка инструментом (высечка)

обработка лучом/струей (лазер, водно-абразивная резка, плазма)

Каждый из подходов имеет как свои преимущества и недостатки, так и наиболее типичные детали, исполняемые только при помощи этой технологии.

Выбирая обработка методом высечки, например, пользователь становится зависимым от того набора инструмента, который у него есть. При возникновении необходимости использовать новую номенклатуру отверстий, он должен либо закупать новый инструмент, либо пытаться комбинировать удары существующим инструментом таким образом, чтобы получить необходимое отверстие. Если же речь идет о сложном контуре (Рис.14), в большинстве случаев, такой контур либо очень проблематично, либо вообще невозможно получить с помощью высечки. Резка же лучом позволяет получать любую номенклатуру отверстий и контура любой сложности. Детали, изображенные на рисунке 14 – типичные детали для обработки лучом. Если же деталь не содержит сложных контуров и имеет множество перфорации и прямолинейных резов, а так же содержит различные элементы формообразования, такие как зиги, жалюзи, пуклевки для резьбы (Рис. 15), эту деталь имеет смысл обрабатывать методом высечки.



рис. 14



рис. 15

А что же делать, если необходимо в одной детали совместить и сложный контур, и возможность формообразования? Сегодня возможно и это. Некоторые фирмы представляют оборудование для комбинированной обработки металлического листа. Такие станки содержат, как правило, лазерную и вырубную головки, и совмещают в себе возможность обрабатывать лист как лазером, так и высечкой. Но о таких станках мы расскажем в отдельном материале. Пока же только отметим, что даже у них нет тех возможностей, которые имеются у станков, представляющих каждую отдельную технологию.

Однако в целом, надо признать, остается сделать вывод, что все это очень уж индивидуально - выбирайте ту технологию, которая ближе к вашим задачам



## Таблица сравнения технологий

PRINT

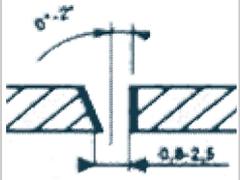
EMAIL

Резка листового материала используется для создания заготовок, которые в большинстве случаев подвергнутся дальнейшей обработке, например, гибке, если речь идет о металлических изделиях, или станут частью готовых изделий. Если речь идет об обработке таких материалов, как плитка, камень, стекло и ряд других материалов, то наиболее разумным представляется метод водной или гидроабразивной резки (в зависимости от твердости материала). Проблема выбора технологии резки возникает, как правило, когда речь идет о необходимости раскроя листового металла.

Нельзя однозначно сказать, что такая-то технология лучше другой - многое зависит от свойств металла, его толщины, химического состава, способа его производства, целей обработки. Кроме того, важно понять для себя, что для вас важно в какой степени - скорость резки, уровень вредных воздействий, нагрузка на материал, простота применения, экономичность, стоимость станка, стоимость расходных материалов, универсальность станка.

Почти все методы раскроя материалов можно разделить на механические и термические. К первым относятся разрезание ножницами, фрезерование, сверление, штампование, распилка и т.д. Ко вторым - кислородная резка, плазменная резка, резка лазером, резка методом электрической эрозии. Принципиально один метод отличается от другого наличием либо отсутствием механического воздействия на материал, независимо от его толщины.

Обособленно стоит технология резки водой: подается струя воды под очень высоким давлением (иногда с добавлением абразива);

	Сумма инвестиции	Себестоимость реза	Расходные материалы	Форма резки (мм)	Минимальное расстояние между 2-мя резами (мм)	Рекомендуемый материал для резки
плазма газ (кислород)	\$\$	\$\$\$\$	электроэнергия газ	 плазма газ (кислород)	5	нелегированная и слабо легированная сталь
плазма вода	\$\$\$	\$\$\$\$	электроэнергия газ вода	 плазма вода	10	все черные и цветные металлы

Плазма газ нейтральный или раскисляющий	\$\$	\$\$\$\$	электроэнергия газ	 Плазма газ нейтральный или раскисляющий	10	нержавеющая сталь и цветные металлы
Кислородная резка	\$	\$\$\$	газ для нагрева газ для резки	 Кислородная резка	10	углеродистая сталь
Лазер CO2	\$\$\$\$	\$\$	электроэнергия газ	 Лазер CO2	0.5	углеродистая сталь нержавеющая сталь титан и цветные металлы
Вода с абразивом	\$\$\$	\$\$	вода абразив	 Вода с абразивом	0.8	любой материал
Рубка	\$\$\$	\$	инструмент	 Рубка	от 1.5 до 2.5	Металлы
Штамповка	\$\$\$\$	\$	штамп, матрица			Металлы

Способ резки	Положительные моменты	Недостатки
Кислородная резка	широкая гамма толщины резки (300 мм и более) низкая стоимость оборудования и незначительные расходы при обслуживании различные положения резки	резка только углеродистых сталей низкая скорость резки толщин < 30 мм широкий разрез значительная зона термического воздействия качество резки

		зависит от состояния поверхности материала
Лазер CO2	<p>высокая скорость резки тонколистового материала</p> <p>экономия материала благодаря малой ширине разреза</p> <p>незначительная зона термического воздействия</p> <p>отсутствие деформации материала</p> <p>возможность получения различных форм при резке</p>	<p>некоторые материалы не могут быть разрезаны лазером по причине явления отражения (к примеру - медь)</p> <p>высокая стоимость установки</p> <p>низкая производительность</p> <p>высокая стоимость обслуживания и ремонта</p> <p>толщина резки - менее 20 мм</p>
Резка водой с абразивом	<p>резка толстолистового материала (от 100 мм и больше)</p> <p>не выделяется тепло, не нагревается поверхность разрезаемого материала, отсутствует зона термического воздействия</p> <p>нет выбросов газа и токсичных испарений</p> <p>различные формы при резке</p> <p>возможность резки несколькими резаками одновременно</p> <p>отсутствие прожиганий и окалины</p>	<p>более низкая чем при лазерной резке точность резки</p> <p>низкая скорость резки</p> <p>быстрый износ рабочих деталей установки</p> <p>трудности с очисткой сточных вод</p> <p>высокий уровень шума при работе</p> <p>высокая стоимость установки</p>
Сверление, вырубка	<p>высокая скорость резки и производительность в случае разрезания перфорированного материала</p> <p>низкая себестоимость производимых работ</p> <p>отсутствие зоны термического воздействия</p>	<p>возможны деформации и механические повреждения</p> <p>высокий уровень шума</p> <p>стоимость инструмента</p> <p>невозможность изготовления сложных форм, неровный срез</p>
Электро-эрозия	<p>возможность резки толстолистового материала (до 400 мм)</p> <p>высокая точность резки (5μм)</p> <p>возможность резки сразу нескольких листов малой толщины (уложенных в пакет)</p> <p>возможность резки гофрированного материала</p>	<p>низкая скорость резки</p>

Итак, **какую же технологию выбрать?**

