

надежность и безопасность работы гидросистемы путем исключения утечек жидкости через гидрораспределители. Кроме того, появляется возможность точного позиционирования исполнительного органа подъемного устройства во всем диапазоне его рабочего хода.

Вместо гидрозамков, также предлагается использовать запорные гидроклапаны с сервоуправлением, как это делают в фирме Hesselman (Швеция) [2].

Однако если при применении гидрозамков проблема позиционирования исполнительного органа подъемного устройства перестает существовать, то вопрос надежности и безопасности работы гидросистемы так и остается неразрешенным – всё так же может возникнуть аварийная ситуация при обрыве подводящего рукава высокого давления, так как гидрозамок, встроенный в гидропанель управления, а не непосредственно в силовой гидроцилиндр, не способен удержать подъемную платформу от падения.

Для повышения надежности работы гидросистемы грузоподъемных устройств выделяют два основных направления, связанных с созданием наиболее простых схем и конструкций или созданием схем и конструкций, возникновение отказов в которых имело бы ограниченные последствия [3].

При выполнении первой рекомендации следует учитывать возможность сокращения длины трубопроводов и числа их соединений, применения комбинированных агрегатов и др., что связано с различными конструктивными трудностями. Выполнение второй рекомендации предусматривает создание таких схем, в которых при возникновении неисправностей у одного из элементов не приводило бы к неисправностям других элементов гидросистемы, что является наиболее приемлемым для нашего случая.

Так, например, если встроить гидрозамок не в саму гидравлическую панель управления (как это делает большинство ведущих фирм-производителей гидроподъемных устройств), а непосредственно в крышку силового гидроцилиндра, то проблема позиционирования рабочего органа, надежности и безопасности работы гидросистемы в целом будет решена [4, 5]. В этом случае модернизированная гидравлическая схема (с минимальными изменениями) примет вид, представленный на рисунке 4.

### Литература

1. Интернет-адрес завода: [www.transprogress.ru](http://www.transprogress.ru)
2. Каталоги фирм за 2000-2013 гг.: Racoma Hydraulic GmbH (Англия), Safi (Италия), UpRight (США), Thomas (Канада), Linde (Германия), DinoLift (Финляндия), Palazzani Industrie (Италия), Secalt (Бельгия), MEC (США) и др.
3. Комаров А.А. Надежность гидравлических систем. М., «Машиностроение», 1969, 236 с.
4. Максимов Ю.В., Бекаев А.А., Поздышев В.С. Повышение надежности гидросистем грузоподъемных устройств / «Строительные и дорожные машины», 2013, № 8, с. 28-32.
5. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебник. Ч. 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. Под ред. проф. А.А. Шейпака. – М.: МГИУ, 2003. – 352 с. ISBN 5-276-00380-7, 5-276-00480-3(Ч2).

### **Сравнительные исследования воздушно-плазменной и кислородно-плазменной резки**

к.т.н. доц. Васильев А.Н., Внук В.В., Зиновьев В.И., Котькина Т.В.  
Университет машиностроения  
495 223-05-23, доб. 1068, [kotkina.90@mail.ru](mailto:kotkina.90@mail.ru)

*Аннотация.* Рассмотрены особенности плазменной резки, достоинства и недостатки. Представлены технические возможности, применяемой плазменной установки и проанализированы результаты проводимых исследований.

*Ключевые слова:* плазмотрон, плазменная резка, качество кромок, плазменно-образующий газ.

В современном машиностроении одним из эффективных методов термического раскроя листового металла является плазменная резка. Сущность процесса плазменной резки заключается в локальном интенсивном расплавлении разрезаемого металла в объёме полости реза теплотой, генерируемой сжатой дугой, и удалении жидкого металла из полости высокоскоростным плазменным потоком, вытекающим из канала форсунки плазмотрона.

Наибольшее применение получили плазмотроны с дугой прямого действия, с системами вихревой и осевой стабилизации дуги. При резке металла применяются плазмотроны, работающие на постоянном токе, отличающиеся лучшей стабильностью горения дуги и выделением большого количества тепла на аноде (заготовке).

Качество и производительность обработки в значительной степени зависят от состава плазмообразующей среды. Широкое распространение для раскроя стального проката толщиной до 60 мм получила воздушно-плазменная резка. Основными преимуществами этого метода являются:

- отсутствие затрат на производство плазмообразующего газа;
- универсальность (возможна резка различных металлов с использованием одного типа оборудования);
- высокая производительность при резке углеродистых и низкоуглеродистых сталей.

Однако следует отметить и основные недостатки метода: низкая стойкость электродов; вероятность насыщения поверхности реза газами, входящими в состав воздуха; зависимость износа расходных материалов от чистоты и влажности воздуха, толщины разрезаемого металла и величины рабочего тока.

Наилучших показателей процесса плазменной резки достигают с помощью установок, которые оснащены системами контурного копирования, системами слежения и управления технологическими параметрами процесса резания, устройствами для стабилизации рабочей дистанции плазмотрона. Для повышения эффективности плазменного раскроя ряд зарубежных фирм, которые специализируются на выпуске установок плазменной резки, предложили использовать в качестве плазмообразующего газа кислород и другие газы (например, немецкая фирма Hypertherm с технологией HyDefinition, итальянская фирма Gebora). Эта технология использует резку на токах до 200 А и позволяет в 1,5 раза повысить скорость резки углеродистых сталей по сравнению с воздушно-плазменной резкой при обеспечении высокого качества реза.

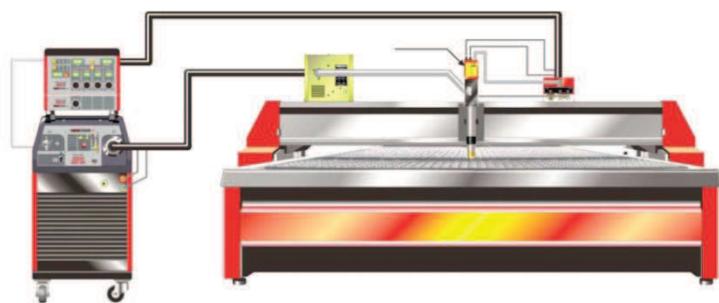
Изучая практику использования метода плазменного раскроя листового проката на одном из московских малых предприятий, мы столкнулись с явно недостаточным объёмом информации по технологии термического резания, которую предоставляет производитель установок плазменной резки.

Исследуемое предприятие специализируется на выпуске изделий из листового стального проката и проката из алюминиевых сплавов.

Серийным изделием являются защиты картера двигателей автомобилей. Основное назначение этого изделия – защита от механических повреждений низко расположенных узлов и агрегатов при наезде на препятствия и неровности дороги, защита подкапотного пространства от загрязнения и влаги.

Для изготовления защиты картера используется листовая сталь толщиной 1,5 ... 4,0 мм (до 10 мм для грузовиков) или прокат из алюминиевых сплавов толщиной 3,5 ... 10 мм. Кроме того, производителем предусмотрены различные крепёжные элементы, скобы, кронштейны для крепления защиты к кузову или раме автомобиля. Для каждой модели автомобиля требуется индивидуальная конструкция защиты, поэтому ассортимент изделий велик (более 500 наименований), и требуется такая организация производства, которая обеспечивала бы быстрый переход с производства одного изделия к другому. Для обеспечения высокой степени гибкости производства на предприятии применяют портальные машины с ЧПУ для выполнения плазменного контурного раскроя. В одной из таких машин используется плазмен-

ный генератор Sebora Plasma Prof 164 HQC (Италия) с мультигазовой консолью для создания различных плазмообразующих сред. Общий вид портальной установки и генератора плазмы представлены на рисунках 1 и 2.



**Рисунок 1. Общий вид портальной установки для плазменной резки**



**Рисунок 2. Источник технологического тока и газовая консоль установки Sebora Plasma Prof 164**

Данное оборудование обеспечивает достаточно высокое качество кромок вырезаемых деталей. Для получения этого результата в установке применяется технология защитного газового потока. Защитный «вихревой» газ обеспечивает создание качественной и энергетически «плотной» плазменной дуги с тонким и перпендикулярным по всей толщине резом. Вихревой газ также защищает плазмотрон от брызг металла при резке и препятствует образованию грата. Немаловажно, что при этом многократно повышается ресурс расходных частей плазмотрона.

В зависимости от технологических требований для различных металлов и разной толщины, в данной установке в качестве пары, плазмообразующей вихревой газ, применяются различные комбинации газов. Такое комбинирование делает возможным получение заготовок с определенными характеристиками, например по свариваемости или коррозионной стойкости. Для обеспечения оптимального резания любых металлических сплавов и металлов в системе могут использоваться различные газы, такие, как воздух, азот  $N_2$ , кислород  $O_2$ , смесь H35 (35% водорода  $H_2$ , 65% аргона Ar), смесь F5 (5% водорода  $H_2$ , 95% азота  $N_2$ ). Комбинации перечисленных газов предлагаются автоматически, в зависимости от выбранного материала; кроме того, всегда можно использовать комбинацию «воздух-воздух» в том случае, если экономические соображения играют более важную роль, чем качество или скорость обработки.

Однако заявленные производителем технические возможности установки реализованы на конкретном предприятии только частично. Связано это с тем, что рекомендованные режимы обработки не обеспечивают требуемое качество, а также нет сведений по геометрической и размерной точности, обеспечиваемой на этой портальной установке. Отсутствуют исходные данные для расчёта стоимости обработки при использовании различных режимов обработки в разных плазмообразующих средах.

Для уточнения рекомендаций производителя оборудования по условиям обработки и получения данных для выполнения экономических расчётов было запланировано проведение экспериментальных исследований процесса раскроя листового проката на портальной установке с использованием генератора плазмы с мультигазовой консолью. Исследование направлено на решение следующих задач:

Задача № 1. Оценить влияние скорости резания на шероховатость поверхности реза и качество кромок при резке в разных газовых средах. Определить диапазон скоростей, обеспечивающих требуемую шероховатость.

Задача № 2. Оценить влияние скорости резания на размерную и геометрическую точ-

ность обработки при использовании различных газовых сред и при обеспечении требуемой шероховатости.

Задача № 3. Определить период стойкости пары «электрод-форсунка» при работе в разных плазмообразующих средах.

Для решения поставленных задач было спланировано несколько однофакторных экспериментов. Проведение экспериментов в производственных условиях с учётом фактического наличия времени было разбито на несколько этапов. На первом этапе решалась первая задача, решение второй и третьей задачи запланировано на следующих этапах исследования.

В качестве плазмообразующих газов использовались воздух и кислород. Экспериментальными образцами служили пластины из стального и алюминиевого проката толщиной от 3,0 мм до 10,0 мм, конструкция которых включала в себя геометрические поверхности, наиболее часто встречающиеся в изделиях, изготавливаемых на данной плазменной установке. Это отверстия различного диаметра, открытые и закрытые пазы. Чертёж опытного образца показан на рисунке 3.

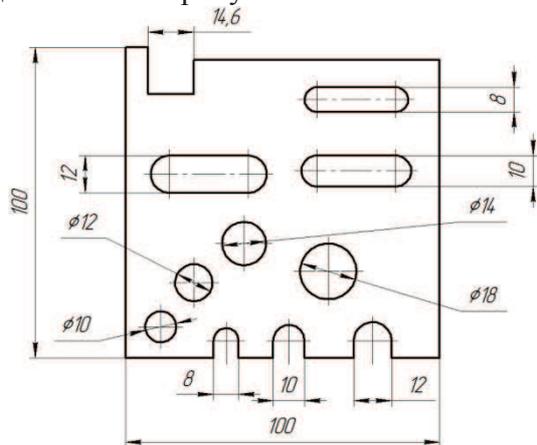


Рисунок 3. Чертеж опытного образца, использованного для исследований



Рисунок 4. Вид кромок реза при смене плазмообразующего газа. Материал: сталь толщиной 8мм; скорость обработки 1,75 м/мин

Оценка шероховатости выполнялась визуальным сравнением с заданными эталонами шероховатости. При выполнении экспериментов использовались условия обработки, представленные в таблице 1.

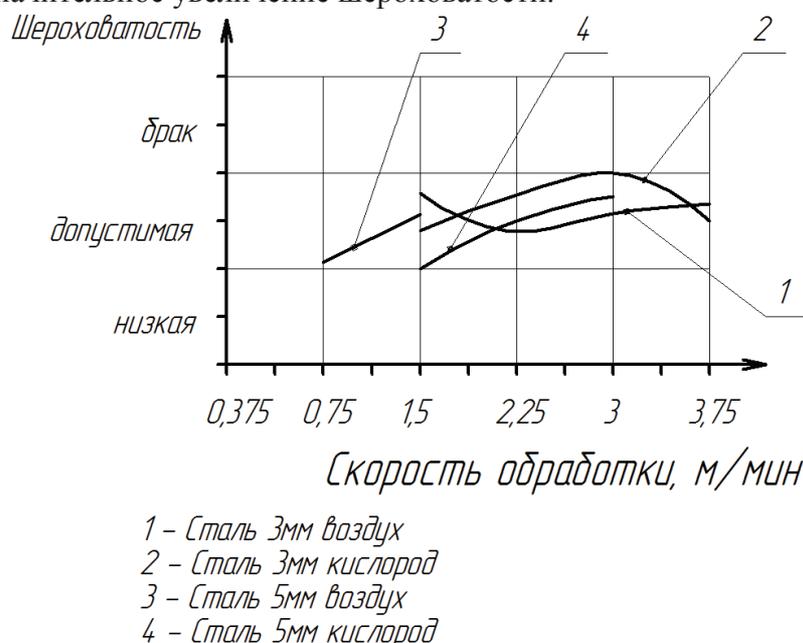
Таблица 1.

Условия выполнения эксперимента на 1-ом этапе (этап А)

Сила тока А	Скорость резания		Плазмообразующий газ					
	Абс м/мин	Отн %	воздух			кислород		
			3мм	5мм	8мм	3мм	5мм	8мм
70	3,75	125	3			3		
70	3	100	3			3	3	
70	2,25	75	3			3	3	
70	1,5	50	3	3		3	3	
70	0,75	25		3				

В качестве кода эксперимента для его идентификации принималась комбинация кода строки и кода столбца. Каждый опыт выполнялся три раза и за результат принималось среднее значение критерия. Каждый из трёх образцов одного опыта получал своё неповторимое обозначение, например А12.1, А12.2, А12.3 (включает код эксперимента и номер образца).

Согласно полученным результатам исследований можно сделать вывод о том, что использование кислорода как плазмообразующего газа не целесообразно для толщины до 10мм из-за увеличения ширины реза, оплавления кромок (скругляются острые углы), а также несколько увеличивается шероховатость. Вид кромок реза при смене плазмообразующего газа показан на рисунке 4. Изменение шероховатости в зависимости от скорости резания для различных условий обработки представлено на рисунке 5. При увеличении скорости обработки на кислороде шероховатость ухудшается, при увеличении скорости обработки на воздухе наблюдается незначительное увеличение шероховатости.



**Рисунок 5. Зависимость шероховатости от скорости обработки для стали толщиной 3 и 5 мм**

Подобные исследования проводились и ранее, например, в книге [2] «Плазменная резка» упоминается сравнение воздушно-плазменной и кислородно-плазменной резки. В этом источнике анализируется влияние кислорода на скос кромок и ширину реза при тех же расходах, что и при применении воздуха. Верхняя кромка (вследствие интенсивного окисления металла) скруглена, поэтому, кажется, что величина скоса больше, чем есть на самом деле. При этом упоминается, что эксперименты проводились с использованием стали толщиной 7мм.

#### **Выводы по первому этапу исследований**

1. При резании низкоуглеродистых сталей толщиной до 8 мм в среде воздуха увеличение скорости не оказывает сильного влияния на шероховатость кромки реза.
2. Использование кислорода для резки низкоуглеродистых сталей толщиной до 8мм нецелесообразно, поскольку качество реза ухудшается по сравнению с обработкой в среде воздуха

Результаты исследований, выполненных на 2-ом и 3-м этапах, будут представлены в следующих публикациях.

#### **Литература:**

1. Научные технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии / Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П. Саушкин, С.Б. Саушкин. Под ред. Б.П. Саушкина // М., изд. Форум, 2013 - 928с.
2. Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей // Журнал Известия

МГТУ «МАМИ», 2012 г., № 2, с. 242-248.

3. Плазменная резка / И.Г. Ширшов, В.Н. Котиков // Ленинград, изд. Машиностроение – 1987 – 192 с.
4. Астахов Ю.П., Кочергин А., Моргунов Ю.А., Митрюшин Е.А., Саушкин Г.Б., Саушкин Б.П. Микрообработка поверхностных рельефов с применением физико-химических методов воздействия на материал. Научные технологии в машиностроении, 2012, № 7. С. 33-38

***Зависимость шероховатости поверхности от материала обрабатываемой детали и конструктивных параметров устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр***

Ветрова Е.А., Лебедев П.А., Адеев А.С.  
Университет Машиностроения  
495 223-05-23, доб. 1327

*Аннотация.* Материал обрабатываемого изделия и конструктивные параметры устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием оказывают существенное влияние на шероховатость поверхности нежестких деталей типа полый цилиндр.

*Ключевые слова:* конструктивные параметры устройства, материал детали, комбинированная обработка, форма режущего инструмента, нежесткие цилиндрические детали, устройство для комбинированной обработки, шероховатость поверхности, влияние на шероховатость.

Многие виды автомобильной техники, такие как: автомобили с установленными на них кранами, снегоуборочные машины, машины для транспортировки мусорных контейнеров, мусоровозы, тракторы с навесными орудиями, дорожностроительные машины и т.д. – оснащаются гидроцилиндрами различных видов и размеров. Также широко используются в различных механизмах и пневмоцилиндры, близкие по конструкции к гидроцилиндрам.

Широкое использование деталей данного типа в разнообразных машинах, устройствах и комплексах вызывает необходимость изготовления этих изделий в широком диапазоне габаритных размеров – как по диаметрам штоков и отверстий цилиндров, так и по их длинам. Одной из особенностей гидро- и пневмоцилиндров является их нежесткость из-за большого соотношения диаметрального и линейного размеров, что отрицательно влияет на результаты обработки изделий [1, 2].

На основании ранее проведенных исследований [1, 2] было установлено, что при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр наиболее выгодно применять устройства для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием (ППД) ввиду того, что комбинированная обработка в данном случае обеспечивает выигрыш в производительности, высокие показатели точности обработки (8-9 качество) и хорошую шероховатость обработанной поверхности ( $R_a = 0.08...0.32$  мкм).

На данный момент известно немало конструкций таких устройств для комбинированной обработки резанием и ППД. Но наибольший эффект могут обеспечить только те устройства, в которых достигается относительное постоянство силового воздействия на деталь в течение всего процесса обработки, так как это существенно повышает качество обработки [1, 2].

В статье [4] авторами была рассмотрена зависимость шероховатости поверхности деталей от режимов резания и конструктивных параметров деформирующей части устройства для комбинированной обработки – диаметра деформирующего ролика и величины заднего угла данного ролика.