



**Конкурс работ молодых ученых «Просто о сложном»
Научно-популярная статья призера III степени Нозирзоды Шодмона
Салохидина (студента 2 курса магистратуры, Национальный
исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск)**

Перспективы развития гидроабразивной обработки¹

Гидроабразивная обработка – это прогрессивный метод обработки материалов. В основе технологии гидроабразивной резки лежит принцип эрозионного воздействия смеси высокоскоростной водяной струи и твёрдых абразивных частиц на обрабатываемый материал. Экономически целесообразно выполнять изготовление деталей сложной конфигурации с применением технологии гидроабразивной резки (ГАР). Однако, при ГАР не всегда возможно получить требуемую точность и качество поверхностей детали. В связи с этим, повышение производительности и точности гидроабразивных установок является актуальной задачей. В данной работе рассматривается обеспечение заданной точности и качества обработки деталей разных форм путем научно-обоснованного выбора зоны обработки, режимов резки и ведение коррекций систем управления технологической системой гидроабразивного резания.

Введение

Модернизация отечественной экономики в стратегии развития Российской Федерации до 2020 года является приоритетной актуальной проблемой [1]. Одно из основных отраслей экономики это – машиностроительное производство. Машиностроительное производство считается главной отраслью металлообрабатывающей промышленности и также занимает центральное место в экономике всех развитых стран мира.

В настоящее время необходимо постоянно обновлять ассортименты изделий с целью повышения конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции.

¹ Научно-популярная статья основана на материалах публикаций:

1. Petrushin S. I. , Gubaydulina R. K. , Grubiy S. V. , Nozirzoda S. S. On Organizing Quick Change-Over Mass Production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 125 - №. 1, Article number 012011. - p. 1-8.
2. Petrushin S. I. , Grubiy S. V. , Nozirzoda S. S. The effect of cutting conditions on power inputs when machining // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 142 - №. 1, Article number 012070. - p. 1-7.
3. Нозирзода Ш. С. Повышение точности гидроабразивной обработки // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Кемерово, 14-17 Октября 2019. - Кемерово: КузГТУ, 2019 - С. 178-181.
4. Нозирзода Ш. С. Перспективы развития гидроабразивной обработки // Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, Томск, 30 Сентября-5 Октября 2019. - Томск: ТПУ, 2019 - С. 339-341.
5. Нозирзода Ш. С. Обеспечение точности при гидроабразивной резки // Инновационные технологии в обучении и производстве: материалы XIV Всероссийской заочной научно-практической конференции: в 3 т., Камышин, 15 Ноября 2019. - Волгоград: ВолгГТУ, 2019 - С. 36-39.
6. Нозирзода Ш. С. Исследование точности изготовления детали «подвес» при гидроабразивной обработки из нержавеющей стали // Россия молодая: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 16-19 Апреля 2019. - Кемерово: КузГТУ, 2019 - С. 1-6.

Научный руководитель Шодмона Ш.С. – Буханченко С.Е., к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

Повышение конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции прежде всего зависит от точности и производительности обработки материалов. Повышение точности и производительности обработки на металлообрабатывающем оборудовании является комплексной проблемой, решение которой связано с улучшением качества изготовления металлорежущего оборудования, приспособления и инструментов, поддержанием их точностных характеристик при эксплуатации, а также автоматизацией, комплексной механизацией и роботизацией производства [2]. Повышение качества оборудования на стадиях проектирования и изготовления достигается за счет совершенствования методов расчета конструкций, применения современных материалов, прогрессивной технологии обработки и сборки деталей и узлов. Поэтому управление точностью при применении прогрессивных технологий является актуальной задачей.

Огромное воздействие водяного потока по высокому давлению с примесью абразива через очень тонкое сопло, режется нержавеющая сталь и ее сплавы. Гидроабразивная обработка позволяет производить разные манипуляции: резка листового металла; резка и перфорация профилей; перфорирование листового металла различных толщин; нарезка заготовок различных толщин и конфигураций [4].

Основа способа гидроабразивной резки - воздействие на материал смесью воды и абразивного песка. Из-за воздействия струи происходит разрушение материала, при этом деталь не нагревается, не деформируется и не образует окалины как при лазерной резке [3].

Методика эксперимента

Для определения точности и качества поверхности, изготавливаемых изделий на гидроабразивной установке было необходимо провести несколько экспериментов. Портальная система гидроабразивной резки была разделена на 8 зон резания. Деталь «Стенка передняя» изготавливается из конструкционной криогенной стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Деталь «Стенка передняя» является опорой иллюминатора роботизированной установки ультразвукового контроля изделия сложной формы. Деталь изготавливается из листового проката с последующей обработкой. На гидроабразивной установке выполнялась основная часть технологического процесса изготовления детали «Стенка передняя». Были вырезаны 36 отверстия диаметром 9 мм, затем обрабатывался наружный и внутренний контур детали. В качестве образцов были выбраны 5 деталей. Образцы были установлены как показано на рис.1.

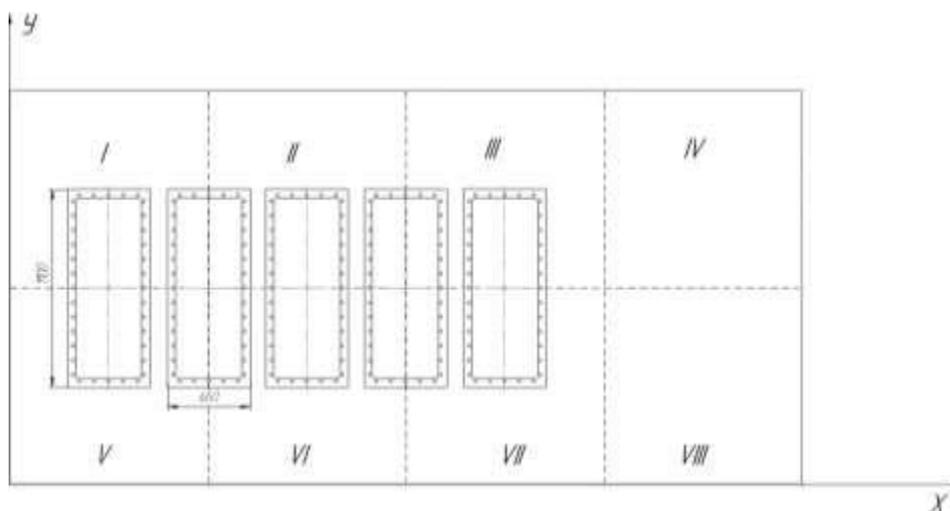


Рис. 1. Схема расположения детали в зоне резания.

Образцы были обработаны на гидроабразивной установке с последовательной механической обработкой. На выбранных образцах после обработки при ГАР были отмечены некоторые размеры для измерения. Это те ключевые размеры, которые можно было применить для исследования точности. Измеренные размеры показаны на эскизе (рис.2).

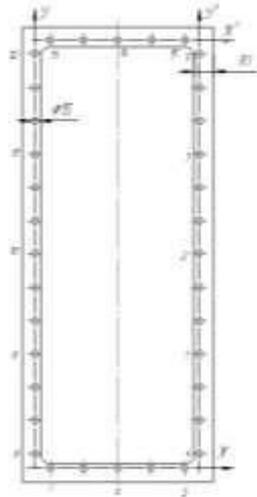


Рис. 2. Обработанная заготовка при ГАР.

Результаты эксперимента

В данной работе рассматривались 15 диаметральных размеров, а также линейные размеры. По результатам измерения были рассмотрены изменения отклонения от номинальных размеров на разных осях. На рис.3 приведены зависимости отклонения диаметральных размеров на оси X1(верхней части детали) от координаты по оси абсцисс.

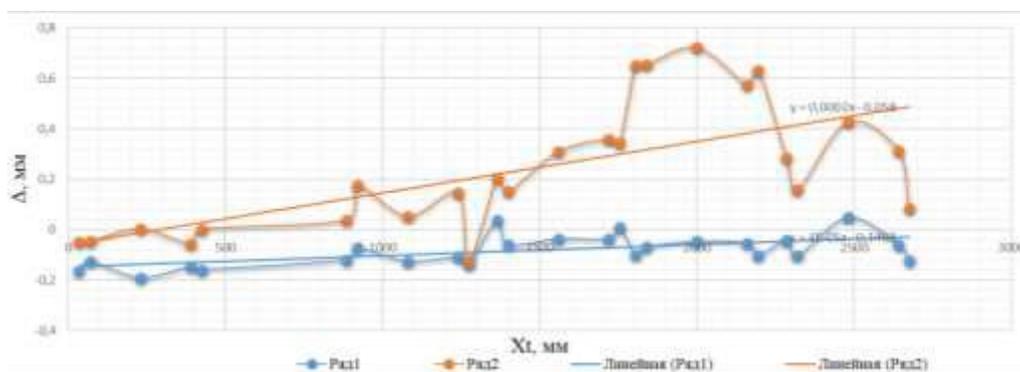


Рис. 3. Зависимости изменения отклонения диаметральных размеров от номинальных на верхней части детали (Δ – отклонения диаметральных размеров по оси X, мм; X_i – координаты по оси X, мм).

На рис.4 приведены зависимости отклонения диаметральных размеров на оси X (нижней части детали) от координаты по оси ординат.

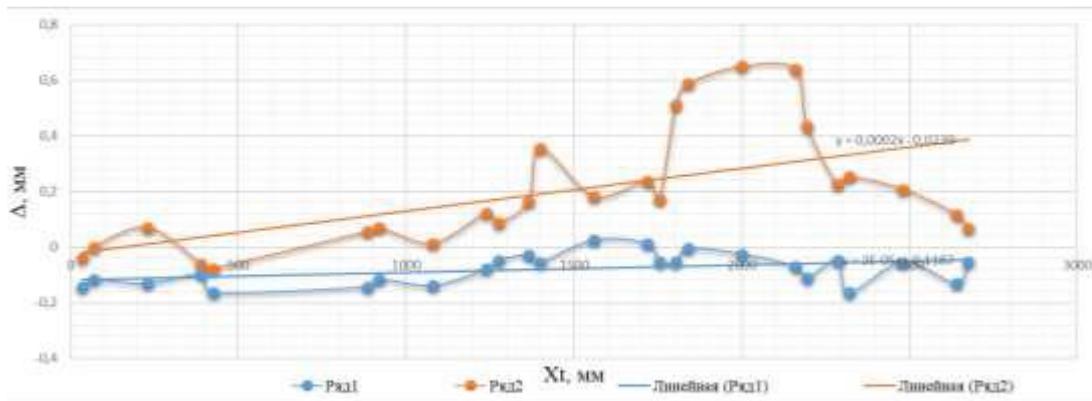


Рис. 4. Зависимости изменения отклонения диаметральных размеров от номинальных на нижней части детали (Δ – отклонения диаметральных размеров по оси X, мм; X_i – координаты по оси X, мм)

Из приведенных выше зависимостей видно, что наибольшие отклонения наблюдаются в детали 4, а наименьшие отклонения в детали 5 и 2, которые были расположены в зоне II и III. Таким образом, точность обработки отверстия переменная: изменяется в зависимости от координаты по оси абсцисс.

Также рассматриваются изменения отклонения диаметральных размеров по оси ординат как показано на эскизе (рис.1). По результатам измерения были получены изменения отклонения от номинальных размеров на оси Y (правой части детали) Y_1 (левой части детали). На рис.5 приведены зависимости отклонения диаметральных размеров на осях Y(правой части детали) и Y_1 (левой части детали) от координаты по оси ординат.

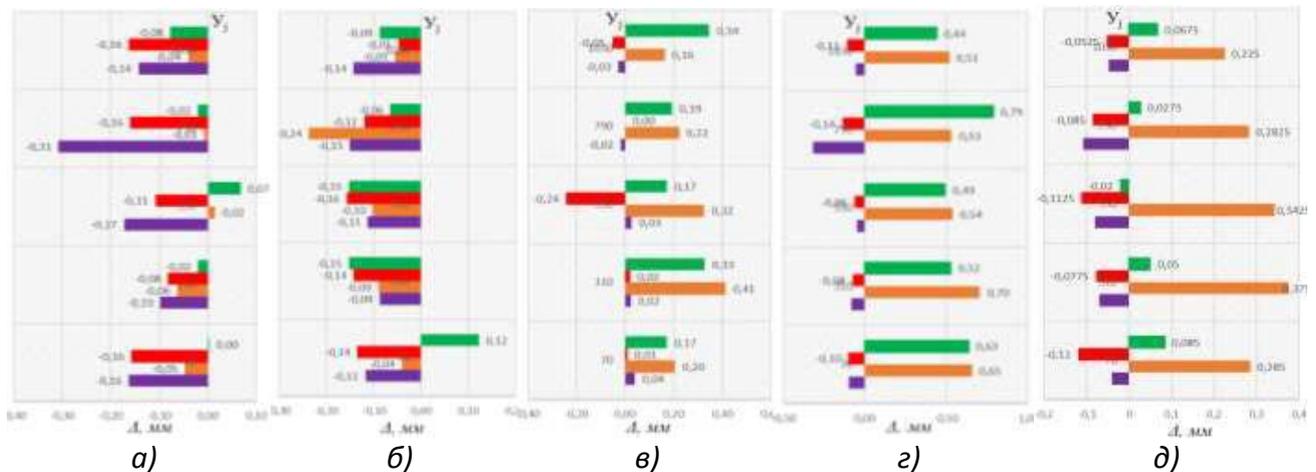


Рис. 5. Зависимости изменения отклонения диаметральных размеров от номинальных по оси Y (Δ – отклонения диаметральных размеров по оси Y, мм; Y_i – координаты по оси Y, мм)

Анализируя зависимости изменения отклонения от номинальных размеров по оси y, можно отметить что наиболее точные отверстия были получены в детали 1 правой части. Отверстие с наименьшей точностью было получено в детали 4 левой части.

Анализируя особенности конструкции, технологические свойства гидроабразивной резки, можно отметить что точность изготовления детали при ГАР это многофакторная величина. Поэтому необходимо оптимизировать параметры, которые больше всего влияют на точность обработки.

Выводы

Из проведенного исследования было выявлено, что точность обработки при гидроабразивной резке прежде всего зависит от жёсткости технологической системы, а именно от жёсткости портальной системы перемещения по оси X и Y. В других работах были рассмотрены статистические жёсткости системы перемещения гидроабразивной резки. А в данном эксперименте были получены наиболее точные детали в зоне с высокой жёсткостью перемещения установки. То есть точность обработки в данном случае это переменная величина, которая прежде всего зависит от жёсткости технологической системы. Также было выявлено, что жёсткость системы перемещения гидроабразивной резки по оси X влияет больше, чем по оси Y, потому что полученные отверстия по оси Y характерно похожи, а по оси X зависимости от жёсткости системы изменяются.

Возникающие погрешности при гидроабразивной обработке являются значимым фактором в формировании погрешностей последующей обработки изделия (технологическая наследственность).

Для повышения точности при ГАР необходимо повысить жесткость устройства перемещения. Так же разработать систему управления жесткости станка и оптимизировать режимы резания. Введение коррекции отклонения при ГАР на разных зонах резания значительно повышает точность изготовления и улучшает качество поверхности получаемого изделия.

Возникающие погрешности при ГАР имеют систематический характер. Погрешности носят систематический характер: на зонах, которые имеют более жесткую устройства перемещения незначительные отклонения, а на зонах более не жесткую устройства перемещения значительные отклонения. Характер погрешностей соответствует характеру деформаций устройства перемещения.

Для повышения точности и улучшения качества обработки при гидроабразивной резке необходимо обеспечить равномерную жёсткость системы или в зависимости от жёсткости системы изменить режимы резания.

Список литературы

1. О Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 г. [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 8 декабря 2011 г. № 2227-р – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/#review>. (25.09.2019).
2. Гапеевцев Андрей Алексеевич. Маркетинговое обеспечение конкурентоспособности продукции предприятий инструментальной промышленности: Дис. канд. экон. наук: 08.00.05: Москва, 1998 140 с. РГБ ОД, 61:98-8/1287-4.
3. Барсуков Г.В. Повышение эффективности гидроабразивного резания на основе дискретного регулирования состояний технологической системы. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Орел, 2006, 411 с.
4. Полянский С.Н. Технология и оборудование гидроабразивной резки [Текст]. / С.Н. Полянский, А.С. Нестеров // Вестник машиностроения.

Иллюстрации

Вы когда-нибудь были в Таджикистане? Не были? Зря!

Представьте себе, что вы со своими друзьями отправились на путешествие в Среднюю Азию в сторону Таджикистана. Но случилось неожиданное! Вдруг ваша Нива сломалась. И сейчас вы находитесь, в степи в Казахстане и вокруг ничего нет, ни людей не домов, абсолютно полная пустота.

Согласитесь, что это страшно.

И вы тут начинаете думать, что же произошло? Почему Ваша машина сломалась. Вроде недавно отремонтировали машину, всё проверили, у вас было всё хорошо. Почему так быстро там что-то сломалось.

Оказалось, что причина именно в технологиях изготовления детали в этой машине. А именно в обработке деталей. Ведь если деталь изготовлена с погрешностью, то она не подойдет идеально и начнет изнашиваться/стачиваться.

Вот именно важную роль играет вид обработки. А точность и качество при обработке обеспечивается именно технологическим оборудованием. Существует много видов обработки, одним из них – это гидроабразивная резка (ГАР).

ГАР – это перспективный вид обработки. За рубежом ГАР нашла свое применение во почти во всех отраслях промышленности. Но в России к сожалению, не очень распространилось, по определенном причинам. И одна из них – это не высокая точность обработки.

Собственно, этим и я занимаюсь. Исследовать процесс гидроабразивной резки и определить пути повышения точности.

Теперь давайте разберемся, что такое гидроабразивная резка.

Для гидроабразивной резки нам необходимо: вода под высоким давлением и абразив (песок). Все это смещается в специальной камере и под высоким давлением направляется на поверхность обрабатываемого материала. За счет воздействия смеси водяной струи и твердых абразивных частиц под высоким давлением на обрабатываемый материал происходит резка.

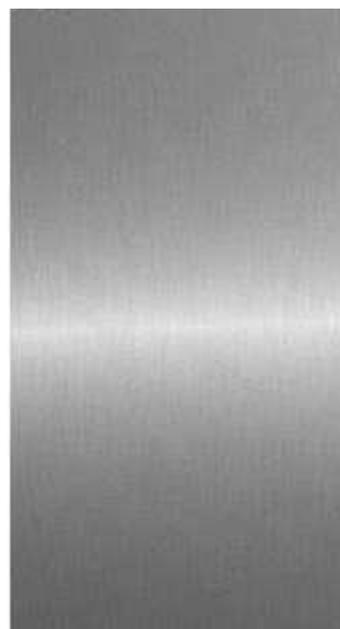
Главным преимуществом ГАР является то, что можно резать абсолютно любой материал: металлические и неметаллические материалы.

Давайте сравним два процесса: гидроабразивную резку с процессом приготовлением одного из блюд восточной кухни «Оши бурида». Потому, что помимо того, что я занимаюсь научной деятельностью, я еще очень вкусно готовлю. Основная заготовка для нашего блюда является тоненькие полоски теста.

Для приготовления полосок из теста нам необходимо раскатанное тоненькое тесто, а для изготовления деталей на гидроабразивном станке, нам необходимо металлический плоский лист (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. а – раскатанное тесто для блюда, б – металлический лист для резки.

Для резки материала используется гидроабразивный станок, а для приготовления блюд, человек. И этот человек я. А режущая струя – это нож в моей руке.



Рис. 2. Слева – я, который выполняю процесс нарезания полоски из теста, справа – гидроабразивная установка.

Но и при резке, и при приготовлении блюд, не всегда нам удастся резать все ровно и чётко. Всегда есть какие-то погрешности и отклонения. Поэтому было необходимо провести ряд экспериментов на гидроабразивном станке. С целью выявления причины неточности.

В процессе нарезки полосок из теста не всегда удастся нарезать их одинаковыми. Деталь как окно была вырезана на гидроабразивном станке, в разных зонах резания. Они все разные, просто там мы машиностроители и нам очень каждый миллиметр, и микрон. Поэтому они получаются разные.



а)



б)

Рис. 3. а – погрешности во время нарезания теста, б – погрешности во время резки

Чтобы было понятно, давайте посмотрим процесс нарезки теста, и у нас получается разные полоски на столе.

Но я же восточный парень, гостеприимный. Должен Вас угостить, не только вкусной, но и красивой едой.

Так в чем же причина? Почему при гидроабразивной резке и при нарезании полоски из теста мы режем с одинаковой скоростью, но нас получается разные детали и разные полоски теста. А оказалось, что на точность ГАР влияет жесткость системы. В данном случае жесткость балки, на которой закреплена режущая голова. Таким образом мы определили, что система станка в середине имеет минимальную жесткость. То есть детали в местах с наименьшей жесткостью получились более не точными.

Оказалось, бы все просто- надо увеличить жёсткость, но на самом деле не всё просто. Увеличить жёсткость очень трудно и иногда невозможно.

Ну, представьте себе, что тесто будем резать не ножом, а топором или тесаком. Мне кажется, что это не приведет к нужному результату.



а)



б)

Рис. 4. Увеличение жесткости.

Почему так важно жесткость, системы? Чтобы обеспечить наилучшее качество резки, расстояние между режущей головкой и обрабатываемой деталью должно быть одинаковым. Так вот, если жёсткость системы недостаточно, то вот это расстояние будет везде разное в зоне обработки. И за счёт этого появляются погрешности и детали получаются разные.



Рис. 5.

Так же с нашим тестом. Для того чтобы получить одинаковые и ровненькие полоски, нам надо управлять скоростью приготовления теста, то есть где-то быстрее будем резать, где-то медленнее. Тогда у нас получится вкусное и красивое блюдо «Оши тупа» и машина у нас не будет ломаться, и мы можем вкусно покушать и дальше поехать в солнечный и неповторимый Таджикистан на путешествие.



Рис.6. Я – Нозирзода Шодмон