Графики полученных результатов даны на рис. 4.

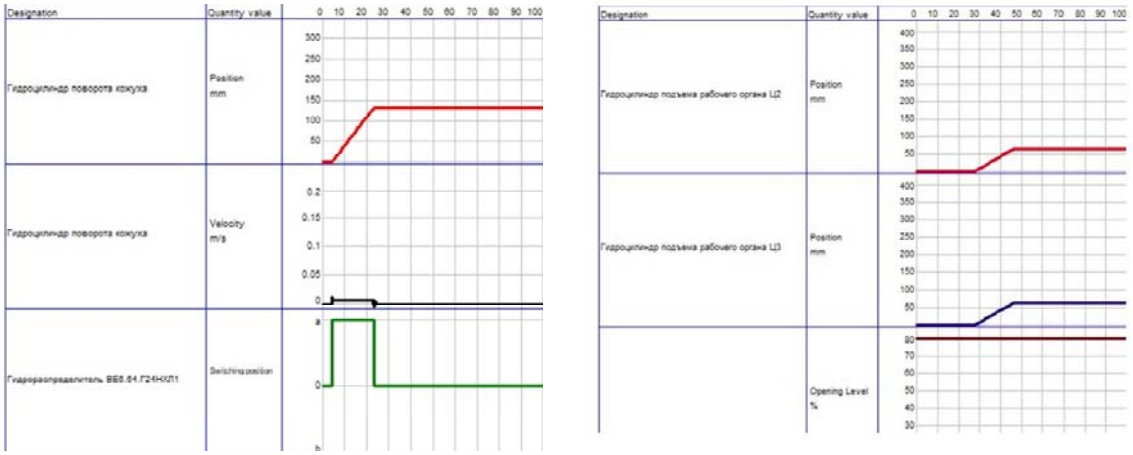


Рис. 4. Графики полученных результатов

В ходе выполнения работы была разработана гидравлическая система снегоочистителя Амкодор 9531 в программном комплексе *FluidSim*, благодаря чему данную разработанную гидросистему можно применять при прикладном моделировании данной мобильной машины.

Литература

1. Боровиков, А. В. Исследование работы гидропривода с помощью программы *Fluidsim* / А. В. Боровиков // Междунар. студен. науч. вестн. – 2019. – № 5-1.
2. Снегоочиститель шнекороторный Амкодор 9531 : рук. по эксплуатации 9531.00.00.000 РЭ. – Минск : ОАО «Амкодор». – 2011. – 70 с.
3. Хазеев, Е. В. Анализ имитационного моделирования гидравлических систем мобильных машин в различных программных комплексах / Е. В. Хазеев, Ю. А. Андреевец, К. В. Пупенко // Машиностроение: инновационные аспекты развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 2022 г. / НИЦ МС. – СПб., 2022 – № 5 – С. 18–22.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т. Д. Стасенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Метод гидроабразивной резки является одним из перспективных для разделения большинства материалов в промышленном производстве. Основные преимущества гидроабразивной резки по сравнению с традиционными методами обработки резанием заключаются в том, что обработка происходит без нагрева заготовки, струей воды с абразивом малого диаметра, поэтому кромки обрабатываемого материала не подвергаются термической нагрузке, не образуются окислы и окалины, а высокое качество получаемых кромок не требует дополнительной механической обработки. Рассмотрена производительность метода гидроабразивной резки различных материалов, которая зависит от изменения таких параметров, как скорость подачи заготовки, давления воды, свойств материала заготовки

и ее толщины, подачи воды, расхода абразива, диаметра выходного сопла. Показано, что повышение производительности прямо пропорционально повышению рабочего давления, а вид обрабатываемого материала практически не влияет на производительность гидроабразивной резки. Установлено, что свойства обрабатываемого материала определяют затраты энергии на гидроабразивную резку, а давление и расход воды, подаваемой в сопло, не оказывают существенное влияние на энергоэффективность.

Ключевые слова: гидроабразивная резка, производительность, водяная струя, погрешность обработки, режущая головка, давление, расход.

Метод гидроабразивной резки является одним из перспективных для разделения большинства материалов в промышленном производстве. Гидроабразивная резка позволяет обрабатывать практически все материалы (металлы и их сплавы, стекло, графит, мрамор, гранит, пластик, композитные материалы и т. п.). Физическая суть метода гидроабразивной резки состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц материала скоростным потоком твердофазных частиц, образованным водяной струей высокого давления с примесью абразива. Благодаря энергии, которой обладает такая струя, появляется возможность резать материалы большой толщины. Разрушающая сила водяной струи гасится водой, находящейся в ванной, на поверхности которой располагается обрабатываемая заготовка (рис. 1). Основные преимущества гидроабразивной резки по сравнению с традиционными методами обработки резанием заключаются в том, что обработка происходит без нагрева заготовки, струей воды с абразивом малого диаметра, поэтому кромки обрабатываемого материала не подвергаются термической нагрузке, не образуются окислы и окалины, а высокое качество получаемых кромок не требует дополнительной механической обработки. Это позволяет обеспечить бесконечную стойкость инструмента, высокую скорость резания любых материалов, обрабатывать материалы со сложной волнистой криволинейной поверхностью и сложных контуров, уменьшить общую трудоемкость обработки детали. Небольшая ширина реза позволяет снизить количество отходов заготовки, повысить рентабельность использования в производстве [3].

Несмотря на все вышеперечисленные преимущества, гидроабразивная резка имеет некоторые недостатки, такие как возникновение погрешности обработки при движении по радиусу, конусность кромок при обработке заготовок большой толщины. [2] Погрешности обработки при движении по радиусу связаны с тем, что в качестве режущего инструмента используется гидроабразивная струя. Эта струя при высоких скоростях подачи заготовки на выходе из материала отстает от точки входа. При резке внутренних углов отставание струи также может влиять на правильность обработки, потому как инерционность струи может вызвать отклонение размеров заготовки от заданных. При изменении направления резки струя может сделать зарез в заготовке. Конусность кромок, получаемых поверхностей, зависит от ряда параметров: расстояния от режущей головки до обрабатываемой заготовки, свойств обрабатываемого материала, скорости подачи, типа используемого абразива.

Первые недостатки можно устранить за счет уменьшения скорости подачи в местах с криволинейной формой. Проблема возникновения конусности обрабатываемых кромок решается минимизацией зазора между режущей головкой и заготовкой при снижении скорости подачи. Однако снижение скорости подачи приводит к уменьшению производительности.

Целью работы является определение производительности гидроабразивной обработки различных материалов.

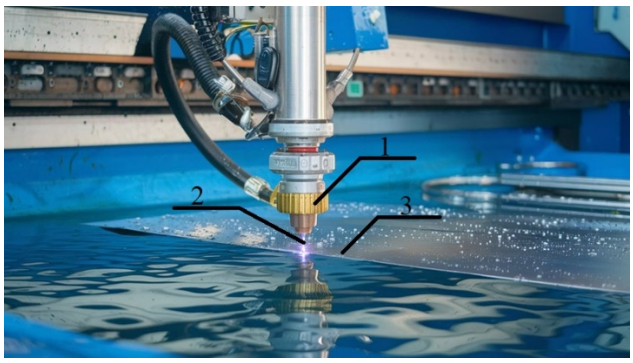


Рис. 1. Резка водяной струей:
1 – режущая головка; *2* – водяная струя;
3 – обрабатываемая заготовка

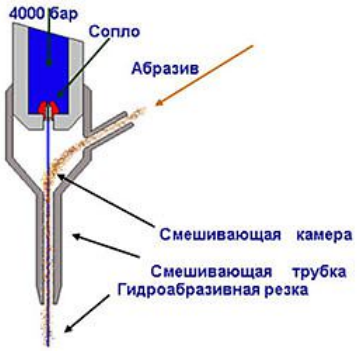


Рис. 2. Режущая головка гидроабразивной установки

Гидроабразивная обработка на промышленных предприятиях выполняется на гидрообразных станках при обработке заготовок толщиной до 300 мм. При оснащении системами ЧПУ значительно повышается производительность труда и расширяются возможности применения и сложность выполняемых операций. Примерами таких станков могут служить Flow WMC2 с ЧПУ (США), OMAX JetMaching Center 2626 с ЧПУ (США), BarsJet 1510-3.1.1 (Россия) [1].

Производительность гидроабразивной резки зависит от изменения следующих параметров: скорости подачи заготовки, м/мин; давления жидкости, МПа; вида материала и его толщины, мм; расхода воды л/мин; расхода абразива, кг/мин; диаметра выходного сопла, мм.

Исследования проводились при заданных начальных параметрах: диаметр сопла – 0,762 мм; толщина обрабатываемого материала –12,5 мм. Производительность обработки определялась при следующих условиях: давление – 276 МПа; расход воды – 1,91 л/мин; расход абразива – 0,27 кг/мин и давление – 414 МПа; расход воды – 2,27 л/мин; расход абразива – 0,4 кг/мин. В качестве обрабатываемых заготовок были выбраны пластины из следующих материалов: 12Х18Н9, Сталь 40, 6Al4V.

Результаты определения производительности гидроабразивной обработки представлены на рис. 3, из которого видно, что вид обрабатываемого материала практически не влияет на производительность гидроабразивной резки, а существенное влияние оказывает давление и расход воды, подаваемой в сопло. Изменение производительности составляет от 38 до 49 мм^3/с при обработке с давлением 414 МПа и от 19 до 25 мм^3/с – при обработке с давлением 276 МПа, т. е. повышение производительности прямо пропорционально повышению рабочего давления.

Анализ энергоэффективности гидроабразивной резки выполнялся путем определения гидравлической мощности и затрат энергии на единицу объема обрабатываемого материала (рис. 4). Гидравлическая мощность N определяется по зависимости:

$$N = PQ,$$

где P – давление; Q – расход воды.

Затраты энергии E на единицу объема обрабатываемого материала рассчитываются по формуле

$$E = \frac{N}{\text{П}},$$

где П – производительность.

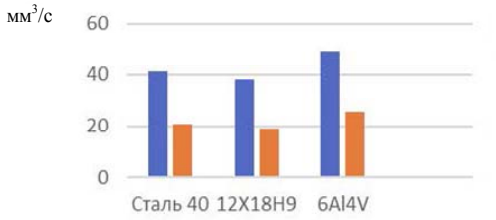


Рис. 3. Производительность гидроабразивной обработки:
■ – давление – 414 МПа; расход воды – 2,27 л/мин; расход абразива – 0,4 кг/мин;
■ – давление – 276 МПа; расход воды – 1,91 л/мин; расход абразива – 0,27 кг/мин

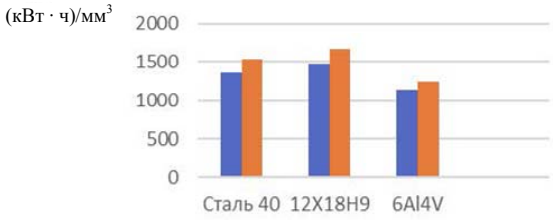


Рис. 4. Затраты энергии на единицу объема обрабатываемого материала:
■ – давление – 414 МПа; расход воды – 2,27 л/мин; расход абразива – 0,4 кг/мин;
■ – давление – 276 МПа; расход воды – 1,91 л/мин; расход абразива – 0,27 кг/мин

Из рис. 4 видно, что свойства обрабатываемого материала определяют затраты энергии на гидроабразивную резку. Изменение затрат энергии составляет от 1145 кВт · ч/мм^3 – при обработке титанового сплава марки 6Al4V с давлением 414 МПа; до 1479 кВт · ч/мм^3 – при обработке нержавеющей стали марки 12Х18Н9 при том же давлении. При этом видно, что давление в 414 МПа обеспечивает меньшие затраты энергии по сравнению с обработкой при давлении 276 МПа, т. е. повышение давления воды приводит к снижению затрат энергии на обработку.

Рассмотрена производительность метода гидроабразивной резки различных материалов. Показано, что повышение производительности прямо пропорционально повышению рабочего давления. Установлено, что свойства обрабатываемого материала определяют затраты энергии на гидроабразивную резку, повышение давления воды приводит к снижению затрат энергии на обработку. Исходя из этого можно рекомендовать режим гидроабразивной резки с давлением 414 МПа, что обеспечит производительность в 2 раза выше по сравнению с режимом 276 МПа при повышении затрат энергии на 10 %.

Литература

1. Основы технологии водоабразивной обработки деталей машин / С. В. Усов, Ю. Ф. Назаров, Д. С. Свириденко [и др.]. – Подольск : Слав. шк., 2010. – 148 с.
2. Смоленцев, В. П. Формирование поверхностного слоя при гидроабразивном разделении металлов с наложением электрического поля / В. П. Смоленцев, Е. В. Гончаров // Вестник ВГТУ. – 2011. – Т. 7, № 7. – С. 74–77.
3. Полянский, С. Н. Технология и оборудование гидроабразивной резки / С. Н. Полянский, А. С. Нестеров // Вестник машиностроения. – 2004. – № 5. – С. 43–46.