

С. А. Фоменко

Донецкий национальный университет, г. Донецк

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОСТРУЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Одним из прогрессивных направлений в обработке материалов (разрушение, резание, очистка и т. п.) является использование энергии сверхзвуковой струи жидкости, вытекающей под большим давлением через сопло малого диаметра. Показано как гидрорезные технологии можно использовать в техногенно опасных условиях, так как в отличие от известных они исключают появление аварийных ситуаций.

Ключевые слова: сверхзвуковая струя жидкости, сопло, техногенно опасные условия, практическое применение, аварийные ситуации

Состояние вопроса

Как показывает опыт, существующие традиционные методы обработки материалов резанием не всегда могут обеспечить высокую производительность, а в техногенно опасных условиях иногда вообще неприемлемы.

Работы по изучению возможностей использования жидкостных струй для резания материалов весьма успешно ведутся в странах СНГ (Украина, Россия, Армения), США, Англии, Канаде, Германии, Японии, Франции.

Номенклатура материалов, поддающихся обработке гидрорезанием, практически не ограничена, поэтому область его применения довольно велика и постоянно растет.

О возрастающих масштабах использования гидрорезания во всем мире говорит тот факт, что производством и продажей гидрорезных установок занимаются несколько крупных компаний в разных странах мира, а ежегодный прирост производства установок достигает 20 %.

Гидрорезание планируется применять для разрезки листовых материалов из металлов и пластиков, разрезки эластичных материалов, таких как резина, пенопласт и др., контурной разрезки покрытия кораблей, разрезки корпусов самолетов и подводных лодок, для экологичной и безопасной утилизации снарядов и отработанных ТВЭЛ ядерных реакторов, для ремонта магистральных газо- и нефтепроводов и др.

Проектирование оборудования для гидрорезания различных материалов тонкими сверхзвуковыми струями жидкости связано с рядом трудностей. Прежде всего, это обусловлено необходимостью получения достаточного количества жидкости, подаваемой под давлением 100–1000 МПа. Особо следует отметить, что при высоких давлениях следует использовать в системах надежные уплотнения для удержания жидкости в рабочем объеме. Желательно также полностью механизировать и автоматизировать все процессы гидрорезания.

Цель исследования

Цель работы – разработка привода главного движения, состоящего из узла высокого давления, который обеспечивает истечение непрерывной струи с постоянной скоростью; сопла с сопловой головкой, создающего струю с параметрами, которые позволяют получить максимальную производительность обработки; подводных элементов, соединяющих узел высокого давления с соплом; приводов подач, обеспечивающих относительное перемещение обрабатываемого материала и струи.

© Фоменко С. А., 2012

Изложение основного материала исследования

Гидроразрезные технологии имеют свою собственную нишу в атомной промышленности. В частности, гидроструйную резку можно использовать для утилизации отработанных на АЭС высокоактивных длиномеров (ВАД), к которым относятся технологические каналы реактора, датчики энерговыделения, дополнительные поглотители и т. п.

Гидроразрезные технологии позволяют резать материалы и композиции из них с минимальной опасностью радиоактивного облучения обслуживающего персонала. Кроме этого, резка струей жидкости обеспечивает минимальное попадание загрязненных отходов в окружающее пространство [1, 2].

Чтобы удовлетворить эти эксплуатационные требования, режущий инструмент используемой технологии не должен контактировать с поверхностью ВАД. В зоне резания, в особенности предрасположенной к загрязнению, и у прилегающей к ней территории, должно размещаться как можно меньше механизмов, узлов и деталей. При этом усилия при выполнении реза и его ширина должны быть минимальными. Место, в котором выполняется резание, необходимо изолировать от окружающего пространства. Этим требованиям и отвечает технология резания струей жидкости высокого давления.

Характерной особенностью разрезаемых ВАД является их форма: в нормальных пересечениях это окружности, внешние диаметры которых находятся в пределах 50–120 мм, наибольшая длина – 22 м. В сечениях отходы представляют собой полые трубы, изготовленные из нержавеющей стали, циркониево-ниобиевого или алюминиевого сплавов. На отдельных участках трубы могут находиться графитовые или из бористой стали втулки, а во внутреннее пространство могут быть помещены прутки из алюминиевого сплава. Длина отдельных фрагментов при измельчении не должна превышать 200 мм. Это обусловлено размерами контейнера для захоронения отходов К-100.

В рамках проекта № 715 «Гидроструйная резка на атомных электростанциях» по заказу Украинского научно-технологического центра нами совместно с МНИИ ПМ «РИТМ» Национального технического университета Украины «Киевского политехнического института» были проведены работы по разработке экспериментального образца комплекса для фрагментирования ВАД (на основе гидроабразивного резания) [3, 4].

Схема размещения гидроразрезного комплекса на АЭС приведена на рисунке. Фрагменты ВАД, которые разрезаются, подвешиваются на крюк привода вертикальной подачи с возможностью их вращения вокруг продольной оси.

При подготовке к выполнению реза происходят такие перемещения:

- ВАД опускается на размер отрезаемого фрагмента;
- гидрорезак подводится к поверхности ВАД и устанавливается необходимый зазор между концом разгонной трубки и поверхностью, что позволяет производить резку даже при биении разрезаемой детали при вращении;
- ВАД приводится во вращение с заданной угловой скоростью, обусловленной толщиной стенки, физико-механическими свойствами материалов в сечении и другими факторами.

Подача струи рабочей жидкости может происходить одновременно с началом вращения ВАД или несколько раньше. После установления истечения струи из сопла открывается клапан поступления абразива к камере смешивания гидрорезака. В результате выполнения этих операций начинается процесс резания материала.

Непосредственно перед завершением резания отрезаемый фрагмент повисает на недо-резанном металле в сечении резания. Отклоняясь при этом от оси вращения ВАД, фрагмент задевает за расположенный рядом упор и доламывается толкателем.

Последовательность подачи команд, с контролем выполнения предшествующих и необходимых временных пауз между ними, записаны вместе с технологией резки ВАДа и другими действиями механизмов комплекса в памяти промышленного компьютера (ПрК). Управление «Комплексом» осуществляется с пульта управления (ПУ) оператором «Комплекса». ПУ включает в себя: пульт оператора, монитор, видеоконтрольные устройства (ВКУ), пульт управления системой технического зрения (СТЗ).

Технология гидроструйной резки конструкционных материалов имеет большие перспективы [5].

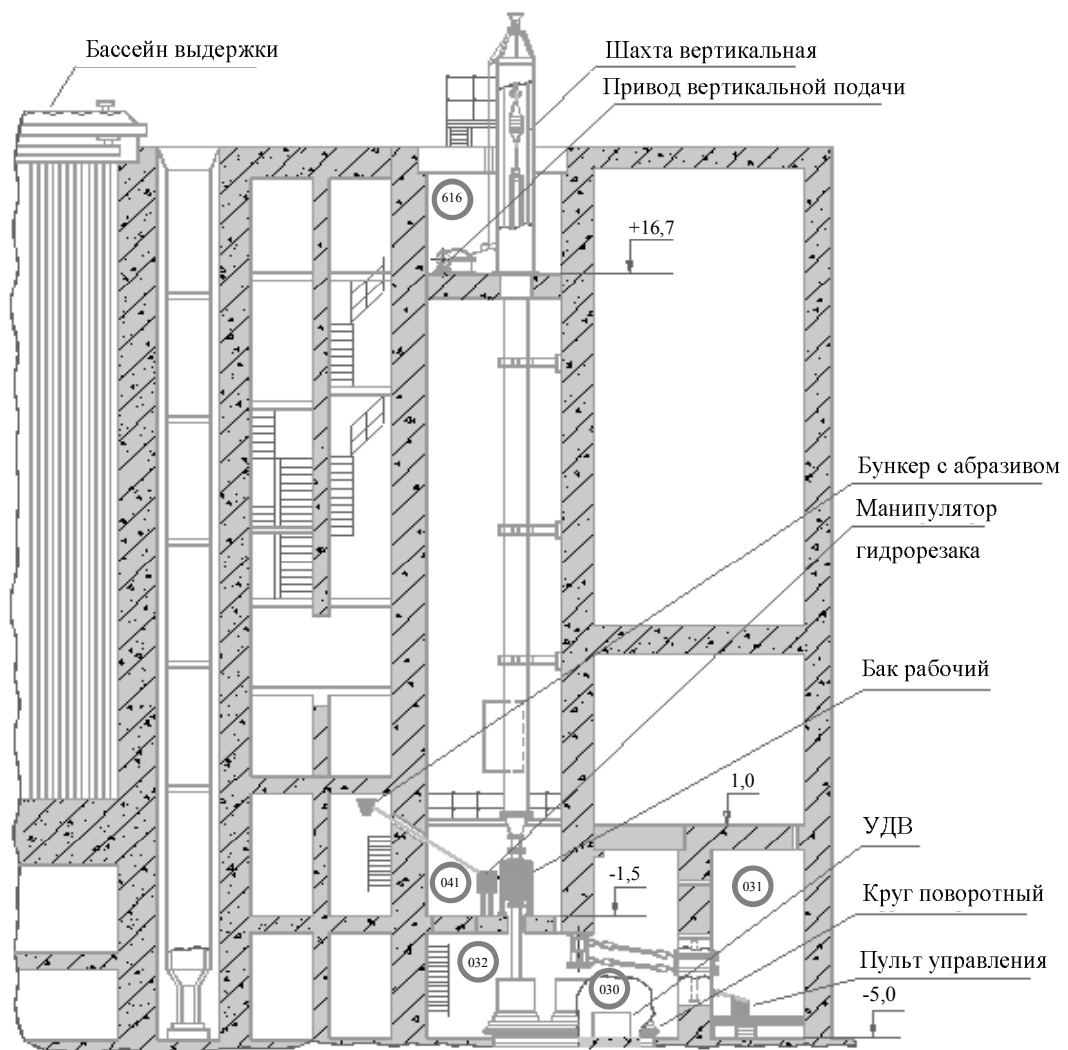


Рисунок – Схема размещения комплекса на энергоблоке АЭС

Выбор промышленного метода утилизации боеприпасов (артиллерийские снаряды, мины и т. п.) и твердых топлив ракетных двигателей (РДТТ) зависит от целого ряда факторов. К основным из них следует отнести: технику безопасности, экологическую чистоту и экономическую эффективность процесса, полноту утилизации топлива и его компонентов и т. д. Учитывая, что различные подходы имеют свои преимущества и недостатки применительно к перечисленным факторам, сделать этот выбор весьма непросто.

На сегодняшний день, по мнению российских и американских специалистов, наиболее приемлемыми являются методы сжигания топлива в полузакнутом объеме при низком давлении с последующей нейтрализацией вредных продуктов сгорания и уловом конденсата, а также способы гидродинамической резки продуктов утилизации под высоким давлением с удалением топлива из корпуса ракеты (метод гидроразмыва – МГР). Это не только наиболее экологически безопасный метод, но и позволяющий повторно использовать химические составляющие топлива в народном хозяйстве.

Исследования возможности вымывания взрывчатых веществ (ВВ) струей воды сверхвысокого давления проводились совместно с НВП «ГРОТ-ЛТД» на базе лабораторной установки для гидроочистки изделий с использованием в качестве насоса сверхвысокого давления гидростанции ГЛ-010 и разработанной сопловой головки для сверхвысокого давления. Эта установка позволяет проводить исследования с изменением скорости вращения изделия и скорости подачи штанги с сопловой головкой. Гидростанция сверхвысокого давления соединяется с установкой для гидроочистки изделий трубопроводом высокого давления. Изделие закрепляется донной частью в трехкулачковом патроне токарного станка, обеспечивающем слив суспензии отработанной воды и продукта в емкость. Пневмогидропровод обеспечивает осевое перемещение штанги с сопловой головкой. Сопловая головка, которая соединяется с трубопроводом высокого давления, включает в себя три сопловых устройства, состоящих из оправки и сапфирового сопла, которое обеспечивает формирование высоконаправленной водной струи. Расположение и ориентация сопловых устройств спроектированы аналогично имеющимся сопловым головкам промышленных установок для вымывания заряда при давлениях до 60 МПа и расходе рабочей жидкости 65 л/мин.

Скорость вращения изделия составляла 75 об/мин, скорость перемещения штанги с сопловой головкой 3–5 мм/с, начальный зазор между срезом продукта и сопловой головкой составлял 40–50 мм. Результаты экспериментов по вымыванию приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований по вымыванию ВВ

Давление, МПа	Результаты обработки
50–100	Происходило вымывание кратера на поверхности продукта диаметром 25–35 мм, глубиной 10–20 мм, после чего автоматически отключалась подача штанги с сопловой головкой вследствие контакта сопловой головки с продуктом
150	Происходило вымывание кратера на поверхности продукта диаметром 35–45 мм, глубиной 10–20 мм, после чего автоматически отключалась подача штанги с сопловой головкой вследствие контакта сопловой головки с продуктом
200	Происходило вымывание кратера на поверхности продукта диаметром 45–55 мм, глубиной 20–30 мм, после чего автоматически отключалась подача штанги с сопловой головкой вследствие контакта сопловой головки с продуктом
250–300	Происходило вымывание центрального канала диаметром 40 мм, на стенках наблюдалось наличие остатков продукта
350	Происходило вымывание центрального канала диаметром 45 мм, на стенках наблюдалось наличие остатков продукта
400	Изделие вымывалось практически полностью, на стенках наблюдалось незначительное количество остатков продукта

Выводы

1. Определены параметры вымывания взрывчатых веществ из изделий, получены качественные зависимости производительности процесса вымывания от давления рабочей жидкости, скорости вращения изделия и скорости перемещения штанги с сопловой головкой.
2. Экспериментально подтверждена принципиальная возможность проведения процесса вымывания при давлении рабочей жидкости до 400 МПа и расходе воды 2,7 л/мин.
3. Установлена возможность проведения процесса вымывания при указанных выше параметрах с использованием гидростанции сверхвысокого давления ГЛ-010, позволяющая снизить энергозатраты до 30 кВт/час и расход рабочей жидкости с 65 л/мин до 2,7 л/мин.

Список литературы

1. Проблемы экологии и техногенно-экологической безопасности: монография / под общ. ред. А. Б. Ступина. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 503 с.
Problemy ekologii i tekhnogenno-ekologicheskoy bezopasnosti: monografiya (Environmental problems and problems of anthropogenic and ecological safety: monograph) / pod obshch. red. A. B. Stupina. – Donetsk: DonNU, 2010. – 503 s.
2. Роботизированная технология гидроструйной резки конструкционных материалов в техногенно опасных условиях / А. Б. Ступин, П. В. Асланов, С. А. Фоменко и др. // Серия А: Природничі науки // Вісник Донецького університету. – 2002. – № 2. – С. 366–370.
Robotizirovannaya tekhnologiya gidrostruynoy rezki konstruksionnykh materialov v tekhnogenno opasnykh usloviyakh (Robotic technology of water jet cutting of constructional materials in anthropogenically dangerous conditions) / A. B. Stupin, P. V. Aslanov, S. A. Fomenko i dr. // Seriya A: Pryrodnychi nauky // Visnyk Donetskogo universytetu. – 2002. – № 2. – S. 366–370.
3. Комплекс гидроструйной резки высокоактивных длинномеров (ВАД) / М. М. Литвин, А. Б. Ступин, П. В. Асланов и др. // Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі. – Славутич: Укратомвидав, 2000. – С. 137–145.
Kompleks gidrostruynoy rezki vysokoaktivnykh dlinnomerov (VAD) (The complex of water jet cutting of high-activity long vehicles) / M. M. Litvin, A. B. Stupin, P. V. Aslanov i dr. // Naukovi ta tekhnichni aspektu mizhnarodnogo spivrobotnytstva v Chornobyli. – Slavutyich: Ukratomvydav, 2000. – S. 137–145.
4. Hydrojet cutting at Nuclear Power Plants. – Report on contract № 715 with STCU. – К.: IBSRI MP Ritm, 2000. – 32 p.
5. Розробка технології застосування гідроструменевого руйнування конструкційних матеріалів у техногенно-небезпечних умовах / Заключний звіт про науково-технічну роботу 3.06.7, № держреєстрації 0106U010798. – Донецьк: ДонНУ, 2007. – 96 с.
Rozrobka tekhnologii zastosuvannya gidrostrumenevogo ruynuvannya konstruksiynykh materialiv u tekhnogenno-nebezpechnykh umovakh (The development of the technique of hydro-jet destruction of constructional materials in technogenically dangerous conditions) / Zaklyuchnyi zvit pro naukovo-tekhnichnu robotu 3.06.7, № derzhreestratsii 0106U010798. – Donetsk: DonNU, 2007. – 96 s.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. П. Висоцький, АДІ ДонНТУ.

Стаття надійшла до редакції 24.12.12

С. О. Фоменко

Донецький національний університет, м. Донецьк

Використання гідроструйних технологій для утилізації відходів атомних станцій і вибухових речовин

Одним із прогресивних напрямків в обробці матеріалів (руйнування, різання, очищення й т. д.) є використання енергії надзвукового струменя рідини, що витікає під великим тиском через сопло малого діаметра. Показано як гідрорізні технології можна використовувати в техногенно небезпечних умовах, оскільки на відміну від відомих вони виключають появу аварійних ситуацій.

НАДЗВУКОВИЙ СТРУМІНЬ, СОПЛО, ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНІ УМОВИ, ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ, АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ

S. A. Fomenko

Donetsk National University, Donetsk

Use of Water-Jet Technologies for Waste Recycling of Power Stations and High Explosives

One of the most progressive trends in material processing (destruction, cutting, cleaning and so on) is the use of supersonic fluid jet energy. The fluid jet spouts under high pressure through the tube jet of small diameter.

The water-jet technologies based on the use of continuous liquid jets of high and extreme high pressure have become widely used in different branches of industry. Especially, it should be noted that these technologies can be used in technogenical and dangerous conditions because in contrast to the well-known ones they exclude the occurrence of the emergency conditions.

Continuous liquid jets of high and extreme high pressure are used for cutting of constructional and other materials.

The main advantages of hydrocutting are:

- universality. There is a possibility to cut the most diverse materials on one and the same cutting installation;
- technological effectiveness. There is no need in sharpening or changing the cutting tool;
- economical efficiency. There is a small width of cut;
- process automation;
- low cutting temperature. During cutting the generated heat is practically carried away by water and the temperature does not raise to 80° C in the cutting area;
- capacity to reproduce the compound contours and profiles;
- good quality of cut surface;
- safety. The process is explosion-proof and fire-proof, there is no radiating and dusting, the noise level varies within 85–95 dB.

SUPERSONIC FLUID JET, TUBE JET, TECHNOGENICAL AND DANGEROUS CONDITIONS, PRACTICAL USE, EMERGENCY CONDITIONS