

ГИДРОРЕЗАНИЕ – ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

Игорь Стариков

XX век обогатил человечество многими великими открытиями: лазер, атомная энергия, генная инженерия, компьютер, пересадка человеческих органов, выход в космос и др. В этом перечне достойное место занимает гидрорезание – технология будущего.

Народная мудрость гласит : “Капля воды камень точит” . Действительно, эрозия скал под воздействием брызг морской воды считается одним из естественных процессов природы. Если же эрозию вызывать в определённом месте и при этом энергию струи значительно увеличить за счёт её концентрации и повышения давления, то можно получить эффект разрезания любых материалов и композитов.

Этот способ резания назвали г и д р о р е з а н и е м.

Всем памятные тревожные дни августа 2000 года, когда произошла авария атомной подводной лодки “Курск”. Тогда, после взрыва торпеды в носовой части лодки и удара корпуса о дно моря, заклинило крышки аварийных люков. Правительственная комиссия, рассмотрев все предложения специалистов по способам проникновения внутрь корпуса лодки, затонувшей на глубине более ста метров, остановила свой выбор на самом оптимальном способе – способе гидрорезания.

Как следует из сказанного выше, способ резки водой запатентован природой, поэтому все усилия учёных свелись к поиску оптимальных форм струеформирующих отверстий в зоне истечения жидкости; созданию стационарных и передвижных усилителей давления, уплотнений и путепроводов для течения жидкости сверхвысокого давления; оптимизации состава жидкости; установлению закономерностей связи давления и производительности процесса и др. Результаты этих исследований были впервые опубликованы в 1987 году в книге “Гидрорезание судостроительных материалов” (Издательство “Судостроение” , Ленинград). Спустя 5 лет книга, не потеряв своей актуальности, была переиздана в США под названием “High-pressure jetcutting” (ASME PRESS, New York). Заказчиком выступило Американское общество инженеров-механиков. В составе авторов книги был и автор статьи, в то время возглавлявший отдел гидрорезания судостроительных материалов ЦНИИ технологии судостроения (г.Ленинград).

Первые промышленные установки гидрорезания появились в начале 80-х годов. За создание первой в СССР промышленной установки с программным управлением “Морион” в 1987 году автор был награждён Большой Золотой медалью ВДНХ СССР, а в марте 1990 года назначен руководителем программы “Гидрорезание и гидроочистка” в составе Государственной программы “Машины и технологии будущего” Госкомитета по науке и технике СССР. К сожалению, реализация этой программы по времени совпала с периодом так называемой “перестройки”, временем, когда всякое финансирование науки было прекращено. Тем не менее, большой “задел” работ по гидрорезанию, при наличии финансирования работ от частных заказчиков, позволил до 2000 года создать в России много гидрорезных установок разного технологического применения. Значительный вклад в развитие этой техники внесли также фирмы США, Германии, Франции, Японии (Flow Systems, Ingerzol Rand, Waterjet-Tech, OMAX, Woma , Hammelman), разработавшие и внедрившие в практику более 1000 систем гидрорезного оборудования. Этим системам присвоили звучные имена типа “водяной нож”, “водяное копьё”, “водяная пила” и др.

Как же должны измениться технические характеристики воды, истекающей из крана, чтобы стать режущим инструментом? Прежде всего, давление воды следует увеличить до 500 - 700 МПа, то есть более чем в 1000 раз! Масса воды, выбрасываемой при гидрорезании через отверстие диаметром 0,1-0,5 мм, колеблется от 1 до 20 л /мин., но скорость истечения воды – почти 1000 м / сек ! При такой скорости форма отверстия даже в особо прочной стали изменится уже через 5 - 6 минут . Большинство фирм в мире используют для водяных сопел технический сапфир, в котором отверстие формирует луч

лазера. Нам удалось использовать для этой цели технический алмаз, стойкость которого в несколько раз превышает стойкость сапфира.

Большой проблемой было создание стальных трубопроводов (трубок) для подачи воды сверхвысокого давления. Их разработал по нашему техническому заданию Центральный институт трубопроводов. Эти трубопроводы могли выдержать фантастическое давление – до 12 тыс. атмосфер! А вот гибкие резинометаллические шланги, способные выдерживать гигантское давление 700 МПа (7000 атмосфер), разработаны и выпускаются только в США.

Приведу несколько примеров гидрорезных установок, разработанных при моём непосредственном участии.

Установка “Спектр” изготовлена для сложного раскроя по программе рулонного стеклотекстолита с двухсторонней металлизацией. Изделия, изготовленные на этой установке, применены для отражения солнечных лучей из космоса. В перспективе этот эксперимент рассматривался как прообраз будущего освещения северных территорий в дни “полярной ночи”.

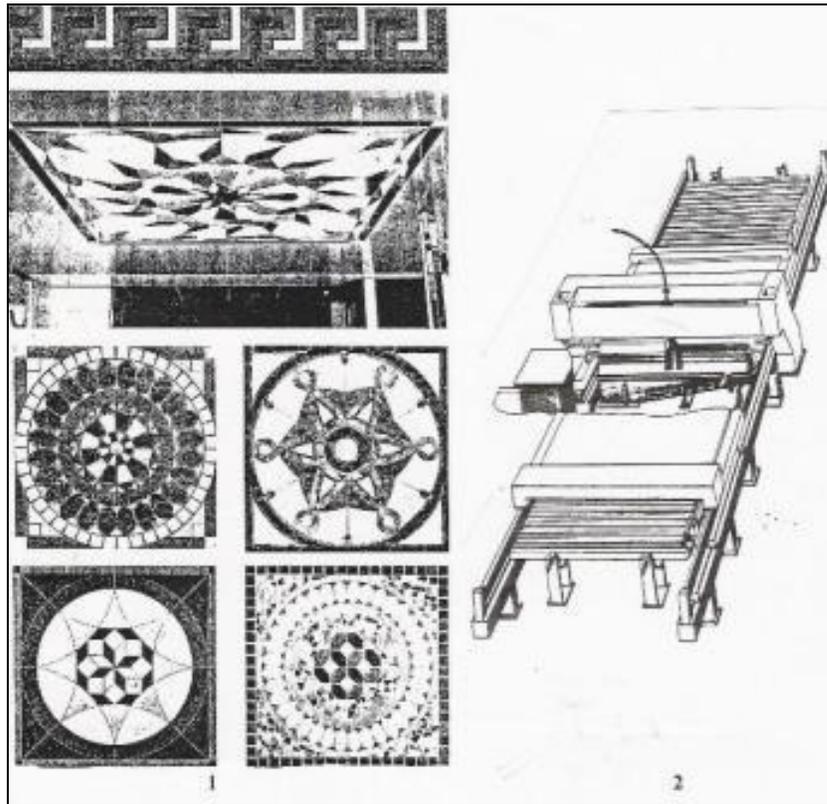
Установка “Град” изготовлена для раскроя по программе металлических листов размером 2 x 6 м и толщиной до 70-ти миллиметров. Эти установки впервые имели систему водооборота, что сделало процесс гидрорезания экологически чистым. На установке “Град” для увеличения силы резания был применён абразив (электрокорунд), подававшийся в зону резания методом эжекции, то есть его засасывала струя воды.

На основе технологии гидроабразивной резки научно-производственное предприятие “Гидрорежущий контакт”, которым я руководил с 1991 по 2001 год, создало по заказу РАО “Газпром” установку для резки в полевых условиях магистральных газо- и нефтепроводов без их предварительной очистки. Аналогичные установки теперь используются при утилизации снарядов, бомб, ракет, кораблей и другой военной техники.

Пожаро- и взрывобезопасность процесса стали также основой для разработки первого в мире угледобывающего комбайна и проходческого комплекса без обязательных буро-взрывных работ. Метод гидрорезания эффективен также для дегазации угольного пласта и получения промышленного метана. Суммарные запасы угольного метана в США составляют более 10 триллионов куб.м, но ежегодная добыча не превышает 5%.

Наибольшее распространение получили гидрорезные установки для раскроя по программе листовых и рулонных материалов из стекла, мрамора, гранита, металла, пластмасс, кожи, ткани и даже ...тортов. О последней установке расскажу подробней. Она была разработана и изготовлена нами по заказу ПО “Робот” (Чехословакия) и продана по контракту в 1989 году. Многослойный торт размером 1,0 м x 1,5 м по программе разрезали на фигуры разного размера и формы при диаметре сопла 0,15 мм, что позволило проводить процесс практически без отходов. При этом сухие торты не крошились, а мокрые – не прилипали к ножу. Испытания запомнились особенно потому, что опытные образцы тортов возврату Заказчику не подлежали...

Раскрой и сверление хрупких материалов, например, стёкол, всегда были сложной технической проблемой. Нам удалось выполнить ряд интересных работ: одновременный пакетный раскрой 30-ти листов оконного стекла; сверление отверстий в толстых оптических стёклах для телескопов и в бронированных стеклянных дверях банка; резка трехслойного стекла “триплекс” для передних стёкол автомобилей, стеклянных деталей современной мебели. Примеры вырезки по программе мозаики из мрамора, керамики и цветных стёкол для отделки полов, стен и витражей общественных зданий, а также логотипов фирм и банков показаны на рис.1. Даже нанесение текстов и рисунков на мраморные и гранитные плиты всё больше доверяется не резчикам по камню, а гидрорезным машинам.



ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА ТВЁРДЫХ НЕМЕТАЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, СПЛАВОВ И МЕТАЛЛОВ НА УСТАНОВКЕ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**1 – мозаика пола и потолка из разных пород мрамора
2 – схема установки**

Гидрорезание оказалось единственным эффективным способом резки сильных ферромагнетиков для синхрофазотронов. Так как гидрорезание является бесконтактным методом без выделения тепла, то никаких изменений магнитных характеристик материала при этом не наблюдается. Гидрорезание решает проблему тепловых деформаций при резке биметаллов с разными коэффициентами теплопроводности (медь + сталь , алюминий + сталь), а также проблему резки материалов, для которых нежелательна тепловая резка (газовая, плазменная, электродуговая, лазерная). Это свинец, титан, медь, алюминий и их сплавы. Например, луч лазера не может резать алюминий, который при плавлении имеет зеркальное пятно, отражающее луч. У сплавов титана другая проблема: обе стороны разреза прогорают на 5-7 мм, и без механического удаления прогоревшего металла нельзя выполнить сварочные работы.

Не менее сложной технической проблемой была тепловая резка тонколистовых металлов (0,5-1,5 мм), при которой трудно было избежать тепловых деформаций, искажающих форму изделий. Нами была выполнена работа, которая позволила заменить ломавшиеся из-за вибрации керамические унитазаы ж/д вагонов на унитазаы из тонкой нержавеющей стали. Сейчас такие унитазаы применяются повсеместно на всех видах транспорта.

Новая технология резки сверхтонких листов сусального золота (толщиной несколько микрон), разработанная для ювелирного завода, позволила автоматизировать процесс, при этом фильтры тонкой очистки системы водооборота задерживали частицы золота.

Достоинства гидрорезания особенно проявились при резке таких композитных материалов, как железобетон, стеклопластик, углепластик и даже... кевлар. Последний материал – продукт технического прогресса конца XX века, из него изготавливают современную безосколочную броню для военной техники и пуленепробиваемые жилеты военнослужащих. Удивительно, но факт: пуля кевлар не пробивает, а гидроструя пробивает и даже режет!

Наибольшее применение (по объёму) выполняемых гидрорезных работ занимает использование гидрорезной техники при ремонте железобетонных конструкций – мостов, дорог, причалов портов, зданий. Очень перспективно применение гидрорезания при разборке завалов ж/б конструкций, возникающих при землетрясениях, взрывах и других авариях.

Жарким летом 1991 года мне довелось с группой сотрудников отдела участвовать на Севастопольском Морском заводе в капитальном ремонте “сухого” дока (место постановки корабля на ремонт с обнажением днища). Этот док был изготовлен в самом начале XX века, причём в раствор цемента для повышения прочности железобетона были добавлены белки куриных яиц. При ремонте дока отбойные молотки с трудом справлялись с этим особопрочным бетоном, а гидрорезные струи делали это легко и гораздо производительнее.

Можно привести немало примеров использования гидрорезных струй не для целей резания, а для других технологических целей, например, для очистки корпусов ремонтируемых судов от ржавчины, окалины, старой краски, колоний моллюсков и др.

Большой интерес вызвали наши работы по размыву высоконапорными струями воды старых металлокордных автомобильных шин. Это важная техническая и экологическая проблема. Если шины без металлокорда перемалывают на специальных зубчатых вальцах, то металлокордные шины (их более 90% от общего объёма) до последнего времени просто сжигали в печах. Есть ещё способ замораживания в жидком азоте с последующим дроблением, но это очень дорогой способ. При гидроразмыве металлокордных шин получают два продукта, пригодных для вторичного использования – металлолом легированной стали и резиновая крошка, используемая как наполнитель при производстве бытовых резинотехнических изделий (шифер, коврики и др.) и как качественное покрытие скоростных автодорог.

Неожиданное применение гидрорезания нашло в текстильной промышленности.

В Японии уже несколько лет работает установка с программным управлением для пакетного (до 200 слоёв) раскроя ткани при массовом пошиве формы военнослужащих. Там же, в Японии, впервые применили водяной нож при операциях на кроветворных органах (печень, почки). В состав жидкости были введены кровоостанавливающие составы и значительно уменьшено давление струи жидкости. При восстановительном послеоперационном процессе оказалось, что заживление раны идёт быстрее, чем при “лазерном” ноже, оплавившем кровеносные сосуды. Операции с применением такого водяного ножа применяются уже и в других странах, в том числе в США.

Проведены также успешно работы по бесконтактной вакцинации животных. Вместо традиционной стальной иглы использовалась сверхтонкая (0,15 мм) “водяная игла”, содержащая соответствующие растворы.

Большинство выполненных нами работ имеет патентное обеспечение. Например, запатентован состав водорастворимого полимера, вводимого перед резкой. Количество вводимого полимера составляет доли процента от общей массы режущей жидкости, но снижение трения при истечении жидкости увеличивает силу резания на 25-30 % !

Недостатком гидрорезания в нестационарных условиях является повышенная шумность процесса перехода струи в факелообразное состояние на выходе из разрезаемого материала. В стационарных условиях для снижения шума синхронно с режущей головкой с обратной стороны листа перемещается приёмная воронка, соединённая со шлангом. Применяют также для шумогашения и другие приспособления, например, столы с

шариками из нержавеющей стали или чугуна. Безопасность работ с гидравлическими системами гораздо выше, чем при работе с пневмосистемами высокого давления. Это относится и к гидрорезанию. Даже небольшое снижение давления (протечка, трещина) ведет к мгновенному отключению установки. Что касается высоких режущих свойств гидрорежущей струи, то это проявляется только на небольшом расстоянии от материала (2-5 мм) и в самом материале. Однако в воздушной среде давление падает до нуля уже на расстоянии 30 - 40 см, а струя представляет факел мельчайших водяных брызг.

Выводы

- гидрорезание является безопасным и экологически чистым методом резания любых материалов, в том числе гипотетических, то есть ещё не известных науке ;
- гидрорезание – метод резания материалов в любой среде (воздушной, газовой, водной, под любым углом и в любом пространственном положении);
- гидрорезание допускает применение ручных и любых механизированных устройств, в том числе робототехники;
- гидрорезание нашло применение во всех отраслях промышленности, строительства, транспорта и даже в здравоохранении.

Всего 15 лет назад гидрорезание называли
технологией будущего, но уже сегодня эта технология работает на
благо людей.