

**В.С. Кривцов, В.К. Борисевич**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
"Харьковский авиационный институт", Украина*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

В статье освещена история создания обработки материалов импульсными источниками энергии, ее современное состояние и трудности, встречающиеся на пути внедрения в промышленность этих технологических процессов. Далее указаны проблемы и задачи, которые должны решить производственные, научные и управленческие работники для совершенствования научных исследований и расширения сферы производства с помощью этих технологий.

**импульсные технологии, взрыв, электрогидравлика, магнитноимпульсная технология, газодетонационные процессы, сварка, нанесение покрытий, научный потенциал, бассейн**

В последние годы в научных кругах, и, в особенности, в различных инстанциях административных управленческих органов появилась тенденция, а точнее недоверие, к полезности и экономической целесообразности применения, особенно взрывчатых веществ, как импульсных источников энергии, для технологических процессов металлообработки.

Это, очевидно, связано в первую очередь с боязнью «возможных» террористических актов, а также «случайных взрывов».

Ну и не последним фактором является значительно уменьшающаяся стоимость изделий, полученных этими способами, что сказывается на ценообразовании и, в некоторой степени, на уменьшение прибылей предпринимателей.

Но заранее нужно сказать, что за более чем сорокалетие активного применения этих технологий (до 1985 г. все увеличивавшихся в объемах) нам не известны случаи исчезновения взрывчатки или ее применения не по назначению (имеются в виду нарушения, которые могут возникнуть в цехах и на участках импульсной обработки материалов). Не известно так-

же не одного случая случайных или специальных взрывов и тем более производственных травм на заводах и в различных НИИ.

Нет совершенно и оснований отмены таких технологий из-за получения некондиционных или некачественных деталей – только наоборот.

Немного истории и статистики.

Исследовательские работы в области высокоскоростного кратковременного и мощного приложения нагрузки к деформируемому телу начались под руководством Р.В. Пихтовникова в конце сороковых и в начале 50-х годов прошлого столетия.

Первый результат этих исследований – получение деталей ударом твердого тела. Это докторская диссертация Р.В. Пихтовникова, защищенная в 1952 году. К тому же времени относится и начало серьезной заинтересованности промышленных предприятий в этом технологическом процессе.

Особенно стали интересоваться «взрывными делами» предприятия военно-промышленного комплекса, да и с ними легче было работать, так как у них есть труднодеформируемые (трудноизготавливаемые) объекты производства, и они обладали необходимыми для исследований средствами – это предприятия Минавиапрома, Миноборонпрома, судостроения, радиопромышленности и т.д. Опора была на них.

И не случайно первые серьезные внедренческие работы были осуществлены в Министерстве судостроения на Северодвинском заводе. К этим работам были привлечены ученые НИИТМ Минобщемаша под руководством профессора, д.т.н. С.М. Поляка, НИИ Минсудпрома под руководством в последующем профессора, д.т.н. В.Г. Степанова и ХАИ под руководством профессора, д.т.н. Р.В. Пихтовникова.

И представьте себе: просто ОТ-Ч, толщиной 16 мм, два сваренных, каждый по 4 м высоты, крейсерских барбета диаметром 8 м из брони толщиной 80 мм, просто заряд 1,2 кг аммонита и просто диаметр изделия 1260 мм. И что же? Такая масса вместе с водой прыгает на 1,2 м. Конечно, технология была совершенствована, конструкция бассейна изменена – и все пошло. И никто не ожидал на производстве, что такие серьезные изделия, да еще из различных титановых сплавов можно изготовить целыми с минимальной длиной сварных швов (только для получения за-

готовки) с выштамповками и без уникального прессового и очень дорогого оборудования.

Затем Запорожье и Москва, Киев и Воронеж, Днепропетровск и Пермь, Омск и Казань, Арсеньев и Минск, Ташкент и Мариуполь, Николаев и Санкт-Петербург, Самара, Комсомольск-на-Амуре, Рыбинск, Новосибирск, Нижний Новгород, Белгород, Сумы и многие, многие другие наши города и предприятия. Уже значительно позже, в 1986 г., эта работа оценена Премией Совета Министров СССР. Наградами были удостоены представители производства и науки Москвы и Киева, Санкт-Петербурга и Харькова, Запорожья и Днепропетровска, Николаева и Новосибирска.

Появилось много информации о разработке и внедрении этих технологических процессов в дальнем зарубежье: в Англии, Германии, США и других странах.

А наука тоже не дремала. Только в ХАИ с 1961 по 1990 г. было проведено 18 всесоюзных конференций и крупных семинаров, символом которых было скульптурное произведение Вутетича «Перекуем мечи на орала». Только в научной школе ХАИ было защищено более 200 кандидатских и 30 докторских диссертаций, только внедренческие работы ХАИ дали возможность получить предприятиям страны экономический эффект около 1 млрд. руб., было построено на заводах несколько крупных цехов по импульсной металлообработке. Одним словом эпоха мирного взрыва состоялась и процветала. А, кроме того, развивались все сопутствующие взрыву технологические процессы: электрогидравлические, магнитно-импульсные, газодетонационные (в том числе и нанесение покрытий), деформирование сжиженными газами, сварка взрывом и ее разновидности и возможности. А упрочнение, а прессование порошков, резка проката и брикетирование стружки, а исследования в области получения плотноупакованных структур. Это же оставлять только в истории нельзя. И не оставаться же нам без этих видов обработки материалов, которые могут сделать гораздо больше того, что можно сделать на кузнечно-прессовом оборудовании.

Теперь о некоторых предпосылках необходимости развивать технологии импульсной обработки материалов.

Максимальная отдача промышленности Украины по объему выпускаемой продукции относится к 1990-91 г.г. Не будем анализировать причины

последующего падения производства товаров различного назначения. Но сейчас мы выпускаем менее 50% того, что выпускали в те годы и то, в основном, за счет легких отраслей промышленности, часть которых принадлежит иностранным инвесторам.

Почему же произошло такое «невероятие»?

А.Ф. Филиппенко в статье «Потенциал экономического развития в Украине» в газете «Урядовий кур'єр» № 211 от 14.11.2000 г. характеризует этот фактор.

В современных условиях удвоение энергетических мощностей в мире происходит каждые 12 лет, объема промышленной продукции – каждые 15 лет.

При этом в готовый продукт переходит не более 30% потребляемых сырьевых ресурсов, которые из года в год становятся все дороже.

На единицу конечного продукта у нас расходуется значительно больше сырья и материалов, чем в любой передовой стране в мире (так, например, количество стали, на единицу конечного продукта у нас, расходуется в 1,75 раза больше, чем в США) – и так почти по всем показателям.

И это не потому, что по составу и разнообразию сырьевых ресурсов Украина опережает такие развитые страны, как США, Канада, Япония, Великобритания, Китай, Франция и т.д., а в недрах страны, в том числе, включая морские шельфы, разведано более 8 тысяч месторождений примерно 100 видов полезных ископаемых: нефть, железные, марганцевые, титановые, урановые и т.д. руды, уголь, сера, ртуть, сода, минеральные воды и в больших количествах (кроме меди и некоторых других цветных металлов). Однако нельзя же с таким «КИМ» использовать эти ресурсы, да еще и загрязнять атмосферу.

Новейшие технологии – это национальное богатство любой страны. И очень большой потенциал этого богатства заложен в импульсных технологиях, являющихся одним из главных звеньев технологического прогресса в Украине, которая обладает самым значительным потенциалом накопленной практики и технологии этих процессов в мире.

Кроме того, известно, что в Украине в настоящее время нет современного кузнечно-прессового оборудования, которое могло бы обеспечить выпуск качественной продукции для производства изделий аэрокосмического комплекса, судостроения, общего машиностроения (в том числе

сельскохозяйственного и шахтного оборудования) и т.д. На пальцах можно перечислить наши заводы, выпускающих это оборудование (имеется в виду прессы и смежное с ним) – это «Тяжмаш» (Краматорск), «Днепропресс» (Днепропетровск), «Прессмаш» (Одесса), «Карпатпрессмаш» (Ивано-Франковск). Мало и далеко не вся номенклатура возможных прессуемых изделий. И не те постели и не та автоматика и не та точность изделий. А где взять средства на покупку нужных современных прессов и другого кузнечно-прессового оборудования, выпускаемого фирмами "Panst" (Германия), Feintoll (Швейцария), Kanon (Италия), Leisfeld и Kasesling (Германия) и т.д. Но это же все дорого! А перестройка своих заводов еще дороже и все это – время. Закупка такого оборудования для Украины стоит не меньше 20 млрд. долларов – больше годового бюджета страны (для того чтобы выпускать продукцию на уровне 1990 г., по качеству). Да и то на этом оборудовании можно изготавливать далеко не все, что может дать импульсная технология.

Какой же выход?

Импульсная технология может все: оборудование дешевле упомянутого выше в десятки раз, хотя с производительностью пока не все в порядке. Экономия ресурсов колоссальная, а упомянутый КИМ может подтянется минимум в  $1,5 \div 2$  раза.

Для наших технологических процессов импульсная обработка материалов особенно перспективна. Не будем перечислять все известное, но коротко напомним: все сложные листовые (в особенности пространственные), с малыми деформационными свойствами из высокопрочных труднодеформируемых материалов, и крупногабаритные детали с характерными размерами более 1500 мм и притом высокоточные, сварка материалов, плохо поддающихся сварке, осуществление многослойной сварки листа и упрочнение различных материалов или полностью изделий, получение деталей совмещенными операциями, получение комплектующих и сборка теплообменников, футеровка различных изделий (в т.ч. труб), нанесение различных коррозионных, теплоизоляционных и др. (металлических и неметаллических) покрытий, прессование различной структуры порошков и получение из них изделий, получение материалов с плотноупакованными структурами, имеющими фантастические физические и механические свойства, осуществление нанотехнологий, экономическая

целесообразность объемной штамповки высокого качества и т.д. Для этого все (возможно и другие) технологические процессы импульсной обработки пригодны (каждый в своей области): взрыв, электрогидравлика, магнитно-импульсная, газодетонационная, вакуумная и др. технологии в преобладающем количестве случаев и целесообразны. Только нужно работать.

Как же это можно осуществить?

Как же придать "взрыву" великое мирное будущее?

Нужно сказать, что до 1990 г. в этом направлении мы активно работали в СЭВ. У нас был при ГКНТ СССР на протяжении многих лет Комитет и Совет по координации этих работ, выделялись, теперь можно сказать, довольно большие госбюджетные средства, да и предприятия, при их большой загрузке, выделяли деньги на хоздоговорные работы, благодаря которым за относительно короткие сроки было построено в странах СНГ около 100 участков и цехов, где применялась импульсная технология. Совет ГКНТ, возглавляемый профессором В.М. Кудиновым, помогал на местах внедрению и совершенствованию этих технологических процессов, передавать через образованный нами же Совет СЭВ эту технологию в другие страны (ГДР, Болгарию, Чехословакию, Польшу, частично в Югославию и даже в ФРГ).

В конечном итоге в 1987 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР о строительстве в ХАИ КБ импульсной металлообработки и опытного завода для изготовления опытных образцов этой продукции, оснастки и оборудования в содружестве с серийными предприятиями. Для этого было выделено более 20 млн. рублей: два семизэтажных здания из стекла и бетона (даже с зимним садом), производственный корпус с цехами и вспомогательными помещениями – 10 000 м<sup>2</sup> и т.д.

Однако, после того, как было потрачено 3,5 млн. руб. на выполнение проекта Гипроавиапромом, строительство (в последующем разрушенного) каркаса одного из корпусов и закупку стекло-алюминиевых конструкций для стен и окон корпуса, работы прекратились.

Предполагалось сделать единый центр в стране, координирующий работы в этом направлении. Было бы здорово, если бы этот проект возобновить за счет средств спонсоров и бюджета Украины.

А что сейчас? Нынешнее состояние промышленности Украины [2] является результатом трех взаимосвязанных глобальных процессов: распада СССР, взаимодействия общегосударственных экономических проблем и последствий неэффективной, необеспеченной ресурсами конверсии.

В отличие от промышленности бывшего СССР образца 90-х годов современная промышленность Украины характеризуется:

- значительным износом производственных фондов;
- снижением объемов производства;
- разрушением традиционных схем научно-технической и производственной кооперации;
- сравнительно небольшим количеством технологически замкнутых циклов производства...

С другой стороны, мы имеем значительный научный, технологический и производственный потенциалы, способные решить задачи модернизации существующих и создания новых образцов технологии, в т.ч. в кооперации с зарубежными партнерами.

Производственное оборудование, обеспечивающее эти технологии, также изнашивается и морально устарело. Таким образом, значительная часть технологий в настоящее время требует восстановления и модернизации.

А кадровый потенциал?

Естественное старение специалистов, вялый процесс омоложения кадров, переток специалистов туда, где больше зарплата, "утечка мозгов" за рубеж, снижение эффективности подготовки кадров в вузах.

Произошел застой в базе знаний, который обусловлен отношением государства к научным разработкам фундаментальным, прикладным и отраслевым.

Например, когда профессор В.К. Борисевич докладывал в Минобразовании и науки о работах над плотноупакованными структурами и попросил 20 млн. грн. для того чтобы создать базу для исследований, ему ответили "Никогда о таких суммах даже не мечтайте". А разве это суммы? А американское правительство (по неофициальным данным) только для создания НИИ импульсных технологий в 2005 г. выделило около 75 млн. долларов. К тому же высшая школа Украины (программа Сореса и т.п.) сейчас обеспечивает талантливыми учеными и специалистами наших зарубежных конкурентов...

---

В работе [2] очень хорошо поставлены задачи государства перед работниками науки и производства в этом вопросе.

Необходимо: отладить серийное производство высокотехнологической продукции, в том числе изготовленной импульсными методами, расширить возможности предприятий для продажи продукции, изготовленной этими методами, и тем самым заинтересовать другие предприятия, сохранить и поддержать в современных условиях имеющийся научно-технический, технологический, производственный и кадровый потенциал в области импульсных дел путем дачи заданий правительством и предприятиями исследователям по разработке соответствующих технологий. Для этого нужно создать научный совет (по типу ГКНТ СССР) при Министерстве образования и науки или при НАН Украины, который смог бы координировать эту работу и давал бы задания исполнителям разрабатывать так необходимые промышленности импульсные технологии.

Обязать при этом контролирующие безопасность ведения взрывных работ органы издать новые правила оформления разрешений на производство взрывных работ на участках заводов, в цехах в различных НИИ и т.д.

### Литература

1. Ситало В.Г., Рябовол А.А. Ресурсосберегающие технологии в машиностроении // Технологические системы. – 2001. – № 1 (7). – С. 12-17.
2. Оборонно-промышленный комплекс Украины – современное состояние и реконструкция / В.П. Горбулин, А.С. Довгопольный и др. // Технологические системы. – 2001. – № 2 (8). – С. 5-20.

*Поступила в редакцию 10.06.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Г. Гребенников, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.