

УДК 621.7.044

Кушнарченко С.Г., канд.техн.наук,
профессор

Цыганов В.П., канд.техн.наук, доцент

Разработка технологических процессов и оборудования для импульсной резки, брикетирования, штамповки и снятия заусенцев (тема Г7-104-18/92)

I. Введение

Первоочередной задачей любой общественной формации было и остается динамичное и эффективное развитие общественного производства на основе достижений науки и техники. Еще в 50-60-х годах была доказана техническая целесообразность повышения скоростей деформирования при обработке металлов давлением, предложены ряд способов интенсификации процессов штамповки. В последующие годы опытом внедрения в производство технологий и высокоскоростного оборудования была показана и их экономическая выгодность.

Самостоятельное место среди многообразия существующих ныне методов и способов реализации высокоскоростной (импульсной) обработки и получения материалов занимают процессы обработки ударом твердого тела. По этому перспективному направлению Украина по-праву занимает ведущее место не только в рамках СНГ, но и в мировой практике.

Отличительной особенностью технологии и оборудования высокоскоростной обработки ударом твердого тела по сравнению с традиционным кузнечно-прессовым оборудованием являются:

- высокие скорости деформации ($10^2 \dots 10^4 \frac{1}{с}$ и более) и деформирования ($15 \dots 150 \frac{м}{с}$);
- высокие абсолютные и удельные давления на обрабатываемые материалы (до $5 \cdot 10^3$ МПа) в течение короткого отрезка времени ($10^{-3} \dots 10^{-2}$ с);
- высокая удельная энерговооруженность;
- низкая металлоемкость;

- малые установленные электрические мощности и габаритные размеры;
- высокая эксплуатационная и ремонтная технологичность оборудования.

Импульсный характер приложения деформирующего усилия приводит к возникновению и протеканию новых физических явлений, обеспечивающих в ряде случаев улучшение качества и служебных характеристик обрабатываемых и получаемых материалов и изделий. Для учета всех этих явлений при разработке математических моделей процессов, технологий их реализации выполняются исследования механических и технологических свойств обрабатываемых материалов в широком температурно-скоростном диапазоне механических и тепловых воздействий.

Комплексное решение теоретических, экспериментальных и прикладных задач позволило достигнуть в процессе выполнения работы существенных результатов как в области механики и физики твердого деформируемого тела и дискретных сред, так и в области создания и освоения в промышленности новых типов эффективного технологического оборудования. При этом следует отметить, что все технологические процессы импульсной металлообработки наиболее эффективны в том случае, если процесс реализуется за один рабочий цикл. Безусловно, такой подход требует очень точного расчета всех параметров технологического процесса и оборудования. Но именно это обстоятельство, как ни сложно оно в своей практической реализации, позволяет оборудованию относительно легко автоматизировать в рамках единичной циклограммы и адаптировать его к конкретным производственным условиям, предопределяет возможность встраивания оборудования в автоматические линии и роботизированные комплексы.

2. Краткое содержание и основные результаты работ по теме

В соответствии с тематическим направлением в 1992-93 г.г. выполнялись следующие работы:

- комплексная технология и оборудование для разделения технологических каналов РБМК в экспериментальных условиях (подтема I7/92);
- исследование технологии импульсной резки горячих слитков в линиях МНЛЗ и прокатных станов (подтема I9/92);
- исследование технологических процессов для получения заготовок, деталей и конструкций летательных аппаратов с заданными свойствами методами точной штамповки и образования высокоресурсных неразъемных соединений, в том числе из КМ (подтема I8/92);
- разработка и внедрение электромагнитных машин для реализации технологии высокоскоростной обработки материалов (подтема I9/92);
- разработка технологии изготовления полуфабрикатов и готовых изделий из стружки черных и цветных металлов, гранул и других металлоотходов (подтема 20/92);
- исследование технологических процессов и оборудования для гибкой автоматизации упрочняющих и отделочно-зачистных операций при производстве ответственных деталей на базе использования энергий высокой плотности (подтема I6/92).

Ниже представлены основные научно-технические результаты работ, выполненных в 1993 году по указанным подтемам.

В развитие ранее выполненных работ по разработке нового способа утилизации технологических каналов (ТК) реакторов РБМК-1000 АЭС (чернобыльского типа) на базе машин импульсного действия конструкции ХАИ проведены:

- теоретический анализ взаимодействия ТК и машин импульсной резки с учетом влияния на другое оборудование реактора;

- расчет динамически наиболее нагруженных элементов импульсной машины на основе созданных уточненных математических моделей и программ решения краевых задач;
- численные эксперименты по оптимизации длин отрезаемых кусков ТК из условия достижения максимальной производительности при минимальном силовом воздействии на технологическое и вспомогательное оборудование с привлечением теории размещения и аппарата R-функций (использовались ПЭВМ серии УВМ-РС/АТ);

В результате теоретического анализа взаимодействия ТК и оборудования при разделении длиномерных труб ее мерные длины предложены способ резки, исключая поворот разделяемой трубы и его отрицательное влияние на вспомогательное оборудование реактора, а также оптимальные соотношения между высотой инструмента, длиной обжимающего выступа и толщиной сплюсненной трубы. Разработанное математическое и программное обеспечение с привлечением проблемно-ориентированного языка высокого уровня *RL* использовано для автоматизированных проектировочных расчетов рабочего инструмента и элементов конструкции машин импульсной резки, может быть использовано для решения других прикладных задач, близких по постановке. На базе выполненных исследований разработана технология резки и компактирования ТК РБМК-1000 в промышленных условиях. Изготовлена опытно-промышленная машина на газовоздушном топливе. В последующем требуется проведение экспериментальных работ в натуральных условиях, корректировка технологии и конструктивных решений по оборудованию с целью достижения заданного уровня надежности технологической системы в автоматическом режиме работы.

Во второй задаче тематического плана, связанной с резкой горячих слитков в линиях машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатных станов, выполнены дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования технологии и принципиально новых схем резки, усовершен-

ствования конструкций режущего технологического узла, отработка конструкций инструмента и технологии резки горячих стальных заготовок в лабораторных условиях и цехах металлургических заводов с использованием опытного и серийного оборудования конструкции ХАИ. Кроме этого, накоплена статистическая информация о марочном и типоразмерном составе сортовых непрерывнолитых заготовок, получаемых и планируемых к выпуску до 2000 года. Информация явилась основой базы данных для разработки типовых технологий и типоразмерного ряда машин импульсной резки (МИР) конструкции ХАИ. Использование технологии импульсной резки и машин МИР обеспечивает за счет безотходности экономию металла (до 2%) на всех стадиях металлургического передела, экономию энергоносителей (до 25%) по сравнению с существующими методами и не может быть ограничено литейным и прокатным производством. Перспективным, например, является отрезка прибыльных частей отливок из изложниц перед прокаткой, отрезка головных и концевых частей заготовок в процессах обжатия, пр. Разработанные технология и машины импульсной резки является уникальными, собственностью Украины. Аналогов в Украине и за ее пределами нет. Схемы, способы и оборудование имеют приоритетную защиту, а с учетом их технико-экономического и социального значения и перспективности требуют дальнейшего продолжения НИОКР.

В области точной штамповки и образования высокоресурсных неразъемных соединений высокоскоростным деформированием разработано и изготовлено оснащение для исследований течения металла в полости штампа на базе кино- и видеосъемки деформирования прозрачных моделей.

Проведен выбор схем деформирования с использованием результатов теоретических и экспериментальных исследований, скорректированы математические модели процессов пластического течения при штамповке сложноконтурных деталей в закрытых и полузакрытых штампах. Разработаны и реализованы алгоритмы, программы расчета и новые методы отыскания оп-

тимизирующих параметров, отработана методика определения энергосиловых параметров деформирования, даны технологические рекомендации и исходные данные для проектирования оснастки и высокоскоростного оборудования ударного действия. В развитие прикладной стороны темы создан и проходит опытно-промышленную отработку высокоскоростной пневмо-механический молот на Лозовском кузнечно-механическом заводе. Другим направлением исследований по этой теме явилась разработка технологии и создание одноударных клепальных пневматических молотков для образования высокоресурсных неразъемных соединений летательных аппаратов в пакетах из КМ титановыми заклепками. Предложены и обоснованы оригинальные конструктивно-технологические приемы клепки, обеспечивающие оптимальные значения радиального натяга в соединениях. Получены 3 авторских свидетельства на способы высокоскоростной клепки.

С целью поиска новых видов энергоносителей для технологического высокоскоростного оборудования проведены исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию электромагнитных машин (подтема 21/92). Работы 1993 года заключались в применении трех параллельных обмоток разгонной катушки энергоузла, которые обеспечили качественно новый уровень использования электромагнитных силовых установок соленоидного типа. Создана и реализована схема управления энергоустановкой, которая обеспечивает автоматическое включение и выключение обмотки без использования датчиков перемещений. По техническим параметрам созданная опытная электромагнитная установка превосходит известные аналоги: по металлоемкости меньше в 3-4 раза, по КПД превосходит до 65%, по уменьшению установленной электрической мощности - до 20%. Разработаны технологические процессы штамповки деталей из труб, установлены наиболее выгодные условия формообразования деталей с применением созданного электромагнитного оборудования и эластичных передающих сред, что обеспечивает высокое качество изделий, сокращает количество переходов и трудоемкость. Работа прошла опытно-промышленную апробацию в условиях

Закарпатского вертолетного производственного объединения и получила положительный отзыв.

Дефицит металлов и резкий рост их стоимости, несовершенство технологий металлообработки, приводящее к значительному объему отходов, например, в виде стружки и обрезки, требует разработки новых методов их переработки. На предприятиях машиностроительного комплекса Украины ежегодно переводится в стружку 12...16% металла, доля легковесных сыпучих отходов в отходах цветных металлов составляет около 40%. Переплав стружки россыпью приводит к потере не менее 50% основного металла и почти полному выгоранию дорогостоящих легирующих элементов. Существенно улучшит технико-экономические и экологические показатели переплав стружки в виде брикетов, где известны достижения, в том числе и в ХАИ. Но получение прочно-плотных брикетов и их переплав все же не решает проблему рационального использования металлоотходов.

ХАИ предложен, обоснован и апробирован новый метод получения из сыпучих отходов типа стружки готовых деталей или заготовок, минуя стадию переплава. Сущность метода заключается в предварительной подготовке стружки (обезжиривание, сушка, сепарация), холодном статическом или динамическом прессовании до достижения плотности 0,8...0,85 монолита, динамической горячей допрессовки до плотности 0,97...0,98 монолита и последующей горячей полузакрытой и закрытой штамповки заготовки в штампе существующими методами с целью получения детали.

Экспериментальные исследования проведены на мелкодисперсной стружке сплава ЛС-59-1. Промежуточные заготовки, полученные динамической допрессовкой и служащие исходными заготовками для штамповки, имели

$\sigma_{\epsilon} = (0,25...0,60) \sigma_{\epsilon}$ мон. при растяжении, а при сжатии сопротивление деформированию и показатели пластичности практически приближаются к параметрам литого материала. Штамповка деталей из полученных заготовок проводилась на прессе К2130 усилием 1000 кН в НПО "Криогенмаш"

(г.Одесса) с целью получения гайки кислородной арматуры М24х1,5. Штампованные детали за счет большей проработки массива исходной заготовки имели прочностные показатели (0,58...0,88) $\sigma_{с}$ мон. Таким образом разработанный метод можно рекомендовать для изготовления отдельного класса деталей взамен литья. Учитывая перспективность указанного метода переработки стружки, следует продолжить исследования, направленные на расширение номенклатуры материалов, установление оптимальных параметров структуры технологического процесса и области практического использования новых материалов и изделий из них.

Самостоятельное место в комплексе работ по теме заняли исследования технологических процессов и оборудования для гибкой автоматизации отделочно-зачистных операций при производстве изделий машиностроения на базе использования энергий высокой плотности (подтема I6/92). При изготовлении деталей на металлорежущем оборудовании образуются заусенцы, надрывы, наплывы и другие дефекты, подлежащие удалению. К сожалению, процессы удаления указанных дефектов трудно поддаются механизации и автоматизации, сопряжены со значительными трудозатратами. В ХАИ на кафедре № 104 предложен новый метод термоимпульсного удаления заусенцев и других дефектов. путем кратковременного воздействия на обрабатываемые детали, помещенные в специальную камеру, высокотемпературной газовой среды и высокого давления. Последние создаются в результате горения в замкнутом объеме газовой среды (природный или искусственный горючий газ - воздух с необходимой добавкой кислорода).

Разработанные теоретические основы и комплекс экспериментальных работ позволили выбрать рациональный путь развития и использования термоимпульсного метода отделочно-зачистных операций, обеспечивающего Украине мировой приоритет. При этом впервые:

- доказана возможность эффективного применения метода для обработки деталей из материалов с высокой теплопроводностью (алюминиевые и

медные сплавы) и с низкой теплопроводностью (сплавы на основе титана, никеля и др.);

- установлены закономерности изменения мощности источника тепла и длительности теплового импульса от теплофизических свойств материалов и геометрических размеров заусенцев и тонкостенных элементов деталей с учетом заданных выходных параметров качества);

- разработана классификация технологических процессов термоимпульсной зачистки и на базе этой классификации разработаны технические характеристики термоимпульсного оборудования для зачистных операций.

Установленные закономерности термоимпульсной зачистки деталей и параметры оборудования позволили принять такие технические решения, которые по сравнению с подобными отечественными и зарубежными разработками обеспечили снижение металлоемкости нового оборудования в 2...4 раза и потребления электроэнергии в 10...20 раз. Предусмотрено использование относительно дешевых газообразных углеводородных топлив взамен смеси кислорода и водорода, быстрая переналадка режимов работы оборудования. Улучшены условия труда за счет очистки удаляемых из рабочей зоны продуктов сгорания. По сравнению с известными аналогами оборудование и технология обеспечивают более высокое качество обработки, так как за счет регулирования длительности термобарометрического воздействия на обрабатываемые поверхности устраняется конденсация продуктов сгорания и, соответственно, загрязнение камеры и деталей, а также перегрев и химическое травление оксидов.

Технология и оборудование, защищенные рядом отечественных и зарубежных авторских свидетельств и патентов, обеспечивают:

- надежность и высокое качество обработки ответственных деталей пневмо- и гидроагрегатов, точных машин и механизмов;

- гарантированную очистку от заусенцев и скругление острых кромок в пересекающихся каналах корпусных деталей, недоступных для обра-

ботки другими известными способами.

Полученные результаты по зачистке заусенцев на деталях термоимпульсным способом являются частью комплекса работ по разработке отделочно-зачистных операций. Предполагается проведение работ по снижению шероховатости поверхности, удалению дефектного микрослоя после механических видов обработки, термо- и термохимическому упрочнению и другим видам отделочных операций на базе разработанного метода, которые позволят резко поднять качество, надежность и долговечность изделий машиностроения.

3. Общие выводы

1. Выполнен комплекс исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке новых технологических процессов и высокоэффективного импульсного оборудования для разделительных операций проката и слитков большого поперечного сечения, листовой и объемной штамповки, образования неразъемных заклепочных соединений, переработки в изделия металлических дискретных отходов, зачистки заусенцев на деталях изделий машиностроения. Все работы являются оригинальными, не имеют прямых аналогов в мировой практике, защищены приоритетными документами на способы и конструктивные решения.

2. Проведенные исследования способствуют дальнейшему совершенствованию программ и содержания учебных дисциплин кафедры технологии самолетостроения. По данной тематике студентами выполняются курсовые и дипломные проекты.

3. Учитывая уровень достигнутых научных и практических результатов, актуальность и народнохозяйственное значение задач, потенциал сложившегося научного коллектива, работы следует продолжить за счет целевого бюджетного финансирования.