

*А.В. ЛОСЕВ*, канд. техн. наук, НАУ «ХАИ», Харьков;  
*А.А. КОРОСТЕЛЕВА*, научн. сотр., НАУ «ХАИ», Харьков;  
*Е.В. СТУЛОВ*, інженер, НАУ «ХАИ», Харьков;  
*В.Л. МАЛАШЕНКО*, асистент, НАУ «ХАИ», Харьков.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ НА БАЗЕ КОМПЬЮТЕР- НОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Приведена інформація про вплив конструктивних особливостей обладнання для термохімічної та термоімпульсної обробки складнопрофільних деталей на область застосування прогресивних технологій, а також класифікація матеріалів, відносна енергоємність технологічних процесів, оптимальні залежності часу обробки та температури отриманих елементів деталей та ликвідів. Приведен також алгоритм роботи установок для термоімпульсної обробки, що реалізує безпечну експлуатацію та автоматизований вибір режимів.

**Ключевые слова:** термоімпульсна обробка, робоча камера, продукти згорання, алгоритм роботи

Технологічні процеси на базі використання детонуючих газових сумішей викликають інтерес через високу продуктивність, універсальності та гнучкості щодо зачистки, очищення та обробки складнопрофільних внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей. Інструментом є газообразні продукти згорання та обробка відбувається практично одночасно в усіх доступних їм місцях. Розроблені в даний час процеси зачистки, очищення та обробки поверхонь прецизійних деталей характеризуються короткочасністю, при цьому на якість обробки впливають більше двадцять факторів. Діапазон змін параметрів значущий і експериментальна оптимізація режимів вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, дуже трудомістка та дорогостояща. Широке використання ефективного методу в машинобудуванні сдерживає відсутність гнучкої системи управління термоімпульсними установками, що дозволяє реагувати виконавчим механізмам на зміну характеристик оброблюваних деталей. Крім того, необхідно забезпечити комплекс заходів щодо безпечної експлуатації обладнання. Створення технологічної системи на базі мікропроцесорної техніки дозволяє, використовуючи фізико-математичну модель термоімпульсного процесу для оптимізації режимів по характеристиці об'єкта обробки [1,2,3], гнучко автоматизувати технологічні процеси, незалежно від конструктивних особливостей, матеріалу та стадії виготовлення деталей та забезпечити підвищення рівня безпечної роботи з урахуванням активної діагностики систем обладнання [2,3].

Машиностроительные фирмы стран Европы, Америки и Азии в данной области техники выпускаются два типа установок: С-образной и порталной конструкции. Установки снабжены шумопоглощающими кабинами. Работает типовая установка следующим образом. На доньшке устанавливаются обрабатываемые детали, затем столом устанавливается доньшко в нужное положение и при помощи гидроцилиндра либо коленчатого рычага доньшком с деталями герметизируют рабочую камеру. Усилия замыкания могут достигать 3,5 МН. После герметизации при помощи дозирующих цилиндров в рабочую камеру подают горючую смесь, затем ее поджигают. Продукты сгорания выдерживают в рабочей камере с обработанными деталями более трех секунд для снижения их температуры. После остывания продуктов сгорания производится раскрытие камеры опусканием доньшка. При этом выпуск отработанных газов осуществляется через кольцевой зазор, образующийся между доньшком и камерой, в рабочую зону. На этих типах оборудования реализуют термохимический метод обработки, для которого характерно загрязнение поверхностей обработанных деталей прочным слоем оксидов, которые удаляются химическим травлением.

Установки для термоимпульсной обработки модели Т-15 позволяют реализовать доминирование теплофизических процессов. Новый процесс устраняет указанные выше негативные явления, присущие термохимическому методу. Отличительными особенностями установки Т-15 являются: обеспечение автоматической подачи горючих компонентов в рабочую камеру, регулирование длительности контакта продуктов сгорания с обрабатываемыми деталями, аварийный выпуск горючей смеси в автоматическом режиме, что позволяет эксплуатировать это оборудование в поточных линиях механических цехов машиностроительных предприятий. Сложность выпуска продуктов сгорания из рабочей камеры состоит в том, что их необходимо удалять с избытком окислителя при температуре около 3000 °С, при этом в потоке агрессивной газовой среды находятся твердые частицы обрабатываемого материала и его оксидов. Внешний вид установки модели Т-15, см. рис. 1, защищен свидетельством на промышленный образец, а конструктивная схема, см. рис. 2, защищена авторскими свидетельствами и патентами США, Канады, Германии. Установка состоит из следующих основных узлов: бака-станции 1 со смонтированным в нем выпускным клапаном 2, силовой рамы 3, байонетного замка 4, рабочей камеры 5, блока клапанов 6 для наполнения камеры горючей смесью и ее безопасного выпуска в аварийной ситуации. Разработанное оборудование имеет более широкие технологические возможности, например, реализуется размерное скругление кромок, обработка деталей из термопластичных пластмасс. Достижение оптимальных параметров обработки зависит от длительности воздействия продуктов сгорания на обрабатываемые детали, поэтому его регулирование является важным инструментом управления технологическим процессом в целом.



Рис. 1 – Внешний вид установки

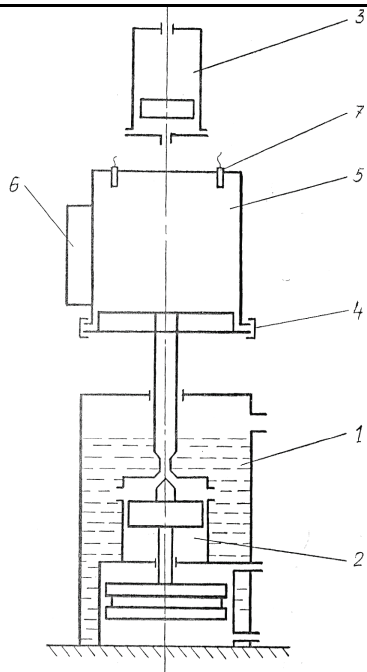


Рис. 2 – Конструктивная схема установки Т-15

На рис.3 представлен алгоритм работы термоимпульсной установки. Для стабилизации температуры стенок рабочей камеры предусмотрена работа в «Режиме 1». В «Режиме 2» производится обработка деталей. Аварийный режим работы обеспечивает безопасность эксплуатации оборудования в случае внезапного отключения электроэнергии или различного рода отказов систем, элементов управления и агрегатов установки. Аварийный выпуск горючей смеси из рабочей камеры осуществляется через специальный трубопровод за пределы помещения цеха. Влияние на технологические возможности оборудования для термоимпульсной обработки деталей системы управления известно [4]. Разработанная электронная система управления с встроенным персональным компьютером позволяет рассчитывать параметры обработки по характеристикам обрабатываемых деталей, регулировать время выпуска продуктов сгорания в широком диапазоне, удовлетворяющем технологическим требованиям обработки. В целях улучшения удобства обслуживания оборудования в основу конструкции положен блочно модульный принцип, позволяющий подбирать характеристики установок под номенклатуру деталей и материалов конкретных производств. Режим 1 предназначен для нагрева стенок рабочей камеры до установившейся температуры, чтобы обеспечить стабильное качество обработки [5].

Многообразие материалов и тем более деталей диктуют необходимость поиска путей сокращения времени подготовки производства на отделочно-зачистных операциях. Один из путей – разработка и составление классификаторов материалов, деталей, оборудования и т.п.

В основу классификации деталей должны быть положены факторы, влияющие на выбор режимов: габариты, площадь поверхности и масса детали, конфигурация, размеры ликвидов, материал, вид механической обработки, наличие разностенности и тонкостенных элементов, наличие каналов, резьбовых отверстий, требования к чистоте поверхностей и кромок, требования к радиусу скругления кромок, требования к микрорельефу поверхностей. Если добавить к этим факторам особенности производств, например, изготовление деталей часовых механизмов, деталей взрывателей или деталей авиационных и судовых агрегатов, то совершенно очевидно, что при одних и тех же используемых материалах и близких габаритных размерах, групповых технологических процессов разработать не возможно из-за различий характеристик деталей. Но для конкретных производств, классификация деталей по конструктивно технологическим особенностям осуществима. Например, детали судовых агрегатов, подлежащих термоимпульсной обработке можно разделить на 6 групп.

1 группа – корпуса размерами от  $30 \times 50 \times 50$  до  $100 \times 100 \times 180$  мм из титановых, бронзовых, латунных сплавов и высоколегированных нержавеющей сталей и сплавов. Методы формообразования – механические виды обработки: точение, фрезерование, сверление. Толщина заусенцев от 0,02 до 0,3мм. Детали массивные, отличаются большой жесткостью, имеют резьбовые отверстия, пересекающиеся каналы, глухие полости.

2 группа – кронштейны, крючки размерами от  $25 \times 10 \times 5$  до  $60 \times 20 \times 20$ мм. Основной вид формообразования – литье под давлением. Ликвиды в виде облоя и пленов толщиной от 0,05 до 0,5 мм и длиной до 7мм. Материал – полипропилен, полиэтилен.

3 группа – крышки, муфты, колеса, тарелки из легированных сталей и титановых сплавов размерами от  $50 \times 50 \times 15$  до  $100 \times 100 \times 40$ мм. Обработка – точение, фрезерование. Заусенцы толщиной 0,02 до 0,2мм.

4 группа – штоки, валы, шпиндели из сталей и бронзы длиной от 50 до 260мм и диаметром до 50мм. Заусенцы толщиной 0,02 до 0,2мм.

5 группа – цилиндры из стали 40X размерами  $120 \times 140$ мм. Заусенцы толщиной 0,02 до 0,15мм.

6 группа – крепеж (гайки, винты, болты) из стали 35ХМ и бронзы размерами до  $35 \times 50$ мм. Заусенцы толщиной 0,02 до 0,15мм, сбеги резьб.

По приведенным данным можно оценить размеры камеры и разработать оснастку, но нельзя определить режимы обработки. В таблице приведена классификация материалов, для которых характерны общие принципы выбора режимов термоимпульсной обработки, относительная энергоёмкость процессов, диапазоны регулирования времени импульсного нагрева ликвидов после черновых, чистовых и отделочных операций.

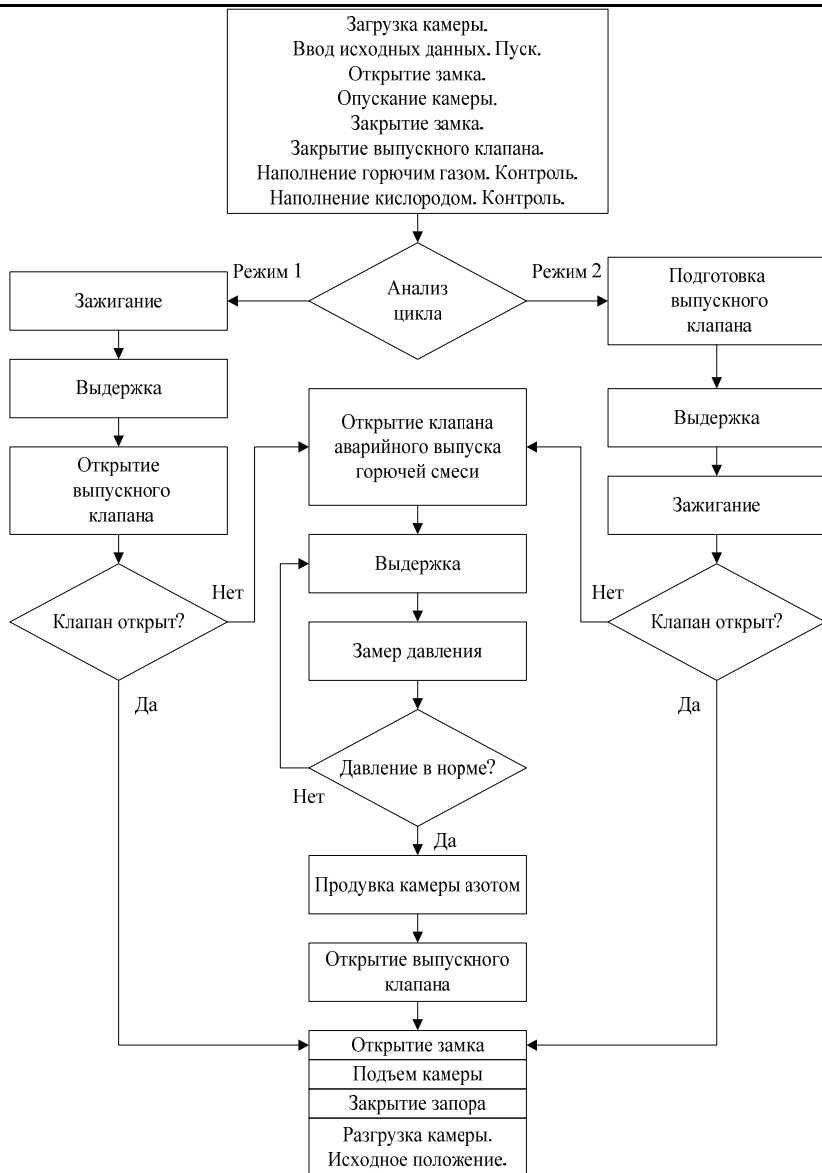


Рис.3 – Алгоритм работы установки Т-15

Хотя энергоемкость обработки некоторых групп материалов близка, но их теплофизические свойства значительно отличаются, как и время обработки.

Таблица – Классификация и влияние материалов на выбор технологических режимов и характеристик оборудования

Материалы	Относительная энергоёмкость	Временной диапазон регулирования	Размеры рабочей камеры D/H, мм
Магниевые сплавы	1	$1 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-3}$	100/100 280/250 350/350
Алюминиевые сплавы	1,5	$1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-4}$	100/100 280/150 280/250
Сплавы на основе меди	3	$1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-4}$	100/100 280/150 280/250
Титановые сплавы	3	$1 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2}$	280/250 250/350 250/450
Низколегированные стали	3...4	$1 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-3}$	280/250 250/350 200/450
Высоколегированные стали и сплавы	3...4,5	$1 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-2}$	280/250 250/350 250/450 200/650
Пластмассы	0,3...1	$2 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-1}$	-

Временные диапазоны обработки получены из численных экспериментов. При этом использовались данные о размерах ликвидов, образующихся при различных видах механической обработки, из результатов обследования базовых предприятий различных отраслей машиностроения. Такая укрупненная классификация позволяет предварительно оценить возможности метода и определить характеристики оборудования применительно к номенклатуре деталей заказчика. Зависимость температуры элементов деталей из различных материалов от их толщины при оптимальном времени обработки показаны на рис.4. Для сравнительного анализа в расчетах мощность источника тепла была одинаковой.

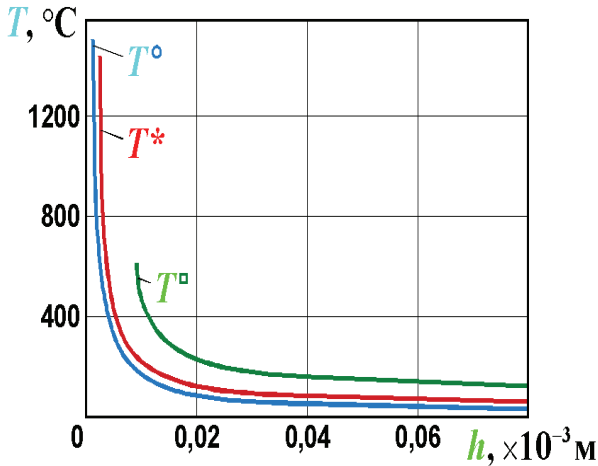


Рис.4 – Изменение температуры элементов детали от их толщины при оптимальном времени обработки.  $T^\circ$  - АЛ 9,  $T^*$ -30X13,  $T^\square$ -12X18H9T

Ефективне використання класификаторів деталей можливо в масовому і крупносерійному виробництві, наприклад, для зачистки крепежних деталей, але в єдиничному і мелкосерійному виробництві необхідний інший підхід – автоматизація процесу вибору оптимальних режимів обробки. Многотипульсна модель процесу нагріву ліквідів і елементів деталі дозволяє цей процес автоматизувати шляхом чисельних експериментів [1]. Для вибору оптимальних режимів термоімпульсного видалення ліквідів необхідно враховувати більше ніж 25 факторів, що характеризують різні явища, що відбуваються в деталях і в робочій камері при детонаційному згорянні газових сумішей. При цьому для автоматизації роботи обладнання в умовах виробництва літальних апаратів необхідно мати об'ємні бази даних по теплофізичним властивостям матеріалів, характеристикам компонентів детонуючих газових сумішей і др., що передбачає необхідність аналізу цих даних за відомим алгоритмом для визначення оптимальних режимів технологічних процесів термоімпульсної обробки [6].

**Висновки.** Конструкція установки дозволяє реалізувати розроблений алгоритм роботи обладнання, що забезпечує безпечну експлуатацію на машинобудівних підприємствах і має патентну чистоту в високорозвинутих в промисловому відношенні країнах.

Реалізація автоматизації роботи обладнання для термоімпульсної обробки на базі комп'ютерного управління дозволяє гнучко автоматизувати процеси термоімпульсної обробки деталей в умовах багатономенклатурного виробництва, як при єдиничному, так і при масовому випуску виробів, використовуючи результати теоретичних і експериментальних досліджень, виконаних в Національному аерокосмічному університеті «ХАІ».

**Список литературы:** 1. Лосев А.В. Обработка кромок деталей термоимпульсным методом / А.В. Лосев, О.А. Лосева // Сб. научных трудов НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Сер. «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии» – 2009. – Вып. 42 – С. 120-126. 2. Жданов А.А. Технологии термоимпульсной отделки поверхностей прецизионных деталей в авиационной промышленности и численные исследования / А.А. Жданов, А.В. Лосев // Сб. науч. трудов НАУ им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». Сер. «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии» - 2003.- вып.19 – С.174 – 183. 3. Сломинская Е.Н. Задача оптимизации режимов термоимпульсной отделки поверхностей деталей и пути ее решения / Е.Н. Сломинская, А.В. Лосев // Авиационная промышленность. – 2000. - №2. – С. 21-23. 4. Стулов Е.В. К вопросу автоматизации технологических процессов импульсной обработки металлов давлением / Е.В. Стулов // Сб. научных трудов. Обработка металлов давлением в машиностроении. – 1989. – вып. 25 – С. 87 – 90. 5. Лосев А.В. Повышение эффективности зачистки деталей пневматических и гидротопливных систем при использовании термоимпульсного метода. Дис. канд. техн. наук: 05. 02. 08. А.В. Лосев – Х. – 1995. – 210 с. 6. Лосева О.А. Алгоритмизация автоматизированного определения режимов технологических процессов термоимпульсной обработки / О.А. Лосева, В.В. Шевель // Сборник научных трудов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». Сер. «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии» – 2011- Вып.50 – С. 39- 46

*Поступила в редколлегию 20.06.2012*

УДК 621.95.47

**Автоматизация работы оборудования для термоимпульсной обработки на базе компьютерного управления** / А.В. Лосев, А.А. Коростелева, Е.В. Стулов, В.Л. Малащенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2012. – № 53(959). – С.157-164. – Бібліогр.: 6 назв.

Наведено інформацію про вплив конструктивних особливостей обладнання для термохімічної і термоімпульсної обробки складнопрофільних деталей на область застосування прогресивних технологій, а також класифікація матеріалів, відносна енергоємність технологічних процесів, оптимальні залежності часу обробки і температури від товщини елементів деталей і ліквідів. Наведено також алгоритм роботи установок для термоімпульсної обробки, який реалізує безпечну експлуатацію та автоматизований вибір режимів.

**Ключові слова:** термоімпульсна обробка, робоча камера, продукти згоряння, алгоритм роботи

Provides information on the impact of design features of equipment for thermochemical and thermal-pulse processing complex-area detail on the application of advanced technologies, as well as a classification of materials, the relative energy intensity of production processes, depending on the optimum treatment time and temperature on the thickness of the elements and the elimination of parts. An algorithm is also facilities for termal-pulse process that implements the safe operation and automatic selection modes.

**The key words:** termal-pulse processing, the working chamber, the combustion products, the algorithm works.