

В.М. Шулаев <sup>(1)</sup>, зам. директора, к.ф.-м.н.

А.М. Лобода <sup>(1)</sup>, начальник СКБ

А.П. Редкокаша <sup>(1)</sup>, зам. начальника СКБ, к.т.н.

Д.А. Листопад <sup>(1)</sup>, научн. сотрудник, к.т.н.

Т.Н. Нестеренко <sup>(2)</sup>, доцент, к.т.н.

## ВАКУУМНОЕ ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ ПЛАСТИН

<sup>(1)</sup> Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков,

<sup>(2)</sup> Запорожская государственная инженерная академия

У СКТБ ННЦ «ХФТИ» розроблено вакуумну камерну електропіч опору типу СН-ВЕ-5.10.5/5 для проведення екологічно чистого процесу вакуумного знежирення поверхонь титанових пластин. Піч вперше запущено у серійне виробництво в Україні під торговою маркою «ОТТОМ» на дослідному виробництві ННЦ «ХФТИ». За технічними характеристиками вакуумна електропіч придатна для проведення процесів вакуумного знежирювання деталей всієї відомої номенклатури марок сталей, кольорових металів і сплавів.

В СКТБ ННЦ «ХФТИ» розроблена вакуумна камерна електропечь сопротивления типа СНВЭ-5.10.5/5 для проведения экологически чистого процесса вакуумного обезжиривания поверхности титановых пластин. Печь впервые запущена в серийное производство в Украине под торговой маркой «ОТТОМ» на опытном производстве ННЦ «ХФТИ». По техническим характеристикам вакуумная электропечь пригодна для проведения процессов вакуумного обезжиривания деталей всей известной номенклатуры марок сталей, цветных металлов и сплавов.

*Введение.* В процессе производства изделий из сплавов титана они подвергаются формообразующей механической обработке и, как правило, их поверхность загрязняется различными видами формовочных и штамповочных масел, а также смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Технологически операция удаления остатков СОЖ (обезжиривание) предшествует другим видам обработки поверхности деталей или нанесением на них покрытий [1].

Поверхностные нанослои остатков технологических жидких сред резко снижают прочность сцепления функциональных покрытий, наносимых на детали из титановых сплавов. Они также уменьшают прочность многослойных металлополимерных композиционных изделий, включающих титановые пластины. При увеличении толщины загрязняющего слоя прочность сцепления покрытия с изделием из титановых сплавов снижается в геометрической прогрессии, что отрицательно сказывается на качестве получаемых изделий.

*Анализ практических данных и достижений.* Загрязнения в виде остатков технологических жидких сред, консервационных смазок, полировочных паст и подобных веществ связаны с титаном относительно слабыми адгезионными силами (Ван-дер-ваальсовыми) и удаляются в процессе обезжиривания, разрушающего эти адгезионные связи [2]. Способы очистки поверхности деталей из титановых сплавов от загрязнений определяются их природой. Например, жиры минерального происхождения (минеральные масла, полировальные пасты, консистентные смазки и др.) не растворяются в воде и для их удаления с поверхности изделий применяют специальные органические растворители. При наличии жиров растительного происхождения, которые практически не растворяются в воде, но взаимодействуют с водными растворами щелочей или солей щелочных металлов, образуя растворимые в воде мыла [3],

добавление ультразвукового воздействия в процессе химического обезжиривания титана малоэффективно из-за недостаточной степени очистки [4].

Известным способом очистки поверхности деталей от механических загрязнений, остатков масел и СОЖ служит электрохимическое обезжиривание. С его помощью удаляются тонкие, плотно держащиеся на металле пленки. Эффективность очистки таким способом определяется не химическим воздействием раствора на слой загрязнений, а изменением электрического заряда обрабатываемой поверхности и механического воздействия на этот слой пузырьков газа, выделяющихся при электролизе. Чаще всего электролиз проводят в щелочных растворах, аналогичных по составу растворам, применяемым при химическом обезжиривании. Однако при обработке деталей из титановых сплавов на границе «металл-раствор электролита» выделяется атомарный водород, что сопровождается наводороживанием поверхности. Анодное обезжиривание приводит к большему окислению поверхности, чем при химическом обезжиривании. Применение переменного тока пониженного напряжения также нецелесообразно по вышеописанным причинам.

Поэтому в промышленной практике для удаления СОЖ с поверхности титановых заготовок и деталей традиционно применяется обезжиривание с использованием органических растворителей. В этом случае продолжительность операции обезжиривания сравнительно невелика, а благодаря низкой температуре испарения растворители можно легко подвергнуть регенерации путем перегонки, что позволяет многократно их использовать. Однако органические растворители являются токсичными, а ряд их соединений – пожароопасными. Кроме того, после такой обработки на поверхности металла остается нанослойная жировая пленка, которую все равно приходится удалять химическими методами.

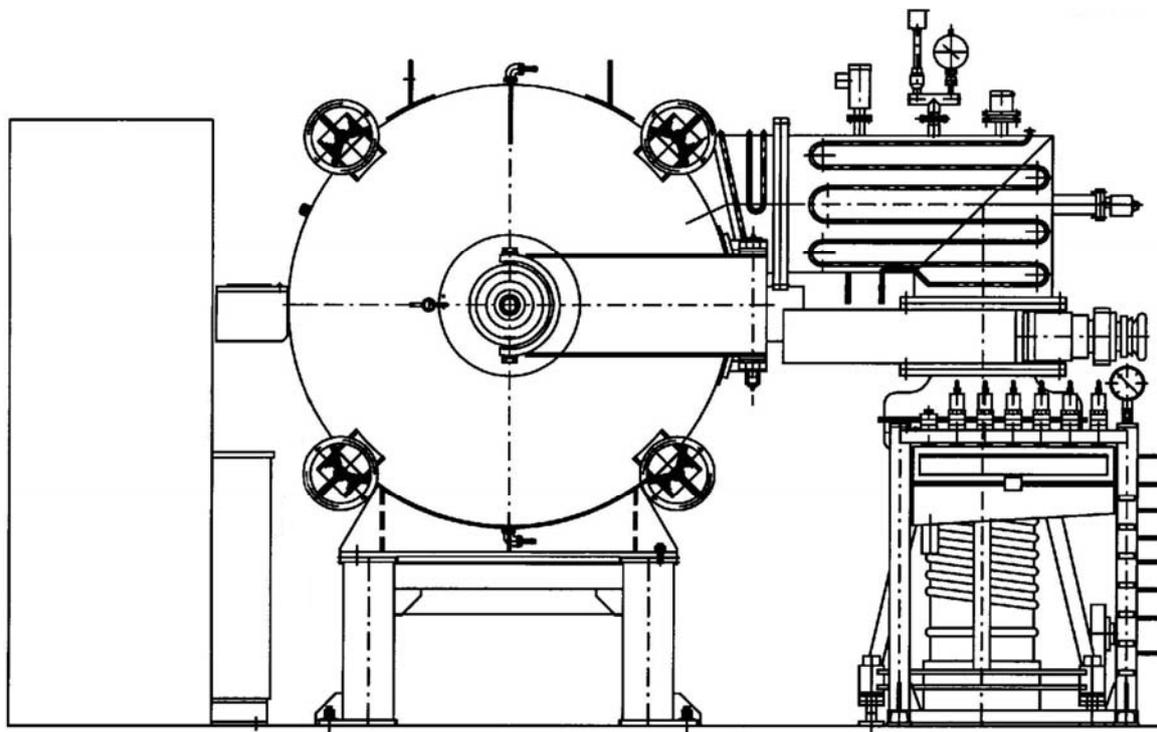
Согласно Монреальскому протоколу 1987 г. [5] вещества, разрушающие озоновый слой, во всех развитых странах сняты с производства и запрещены к применению в производственной практике. Такие вещества также опасны для здоровья обслуживающего персонала и являются канцерогенными. Поэтому возникла потребность в новой технологии обезжиривания металлических поверхностей изделий из сплавов титана и титановой стружки перед направлением ее на переработку. Альтернативная технология должна обеспечивать не только возможность обезжиривания металлических поверхностей, но и быть экологически чистой. Такой процесс может быть разработан только с использованием вакуумных технологий, исключающих выброс в окружающую среду веществ, удаляемых с металлических поверхностей.

*Цель работы.* Практическая разработка способа и оборудования для проведения высокоэффективного и экологически чистого процесса обезжиривания поверхности пластин из титановых сплавов.

*Результаты и обсуждение.* Новым высокоэффективным способом удаления остатков формовочных и штамповочных масел и СОЖ является нагрев в вакууме пластин из титановых сплавов [6,7]. Такие пластины используются в качестве армирующих элементов металлополимерных слоистых композитов [8]. При нагреве в вакууме масла и СОЖ, которые находятся на поверхности деталей, удаляются в результате термического испарения [9], так как с понижением давления точка кипения данных жидкостей снижается. Нагрев в глубоком вакууме приводит (менее чем за 20 минут) к быстрой очистке поверхностей пластин от остатков масел и СОЖ, которые осаждаются в специальной ловушке. Из ловушки данные вещества извлекали для последующей утилизации. Производственные испытания на адгезионную прочность полимерных покрытий подтвердили практическую пригодность термовакуумной обработ-

ки. В результате применения новой технологии вакуумного обезжиривания возросло качество слоистых металлополимерных композитов [10].

На территории государств СНГ оборудование для реализации данной технологии на сегодняшний день не выпускается. Разработка подобного оборудования в Украине выполнена в СКБ ННЦ «ХФТИ». Для серийного производства была предложена камерная электропечь сопротивления модели СНВЭ-5.10.5/5 торговой марки «ОТ-ТОМ». Она применена для вакуумного обезжиривания тонких титановых пластин на Ростовском вертолетном комплексе.

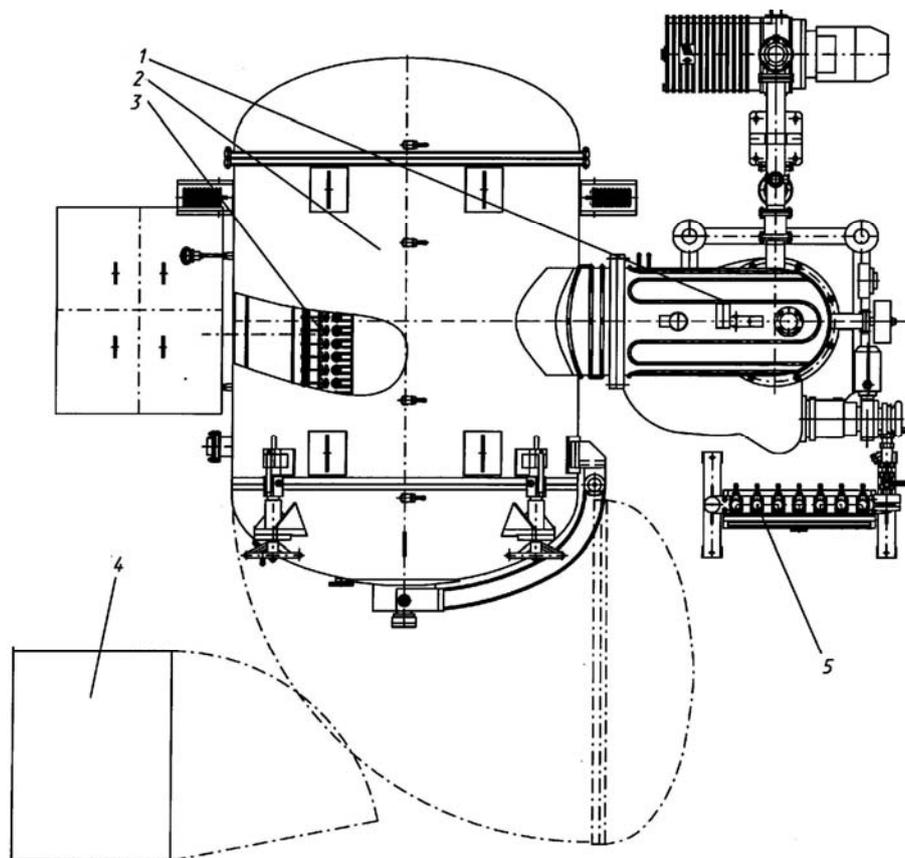


**Рисунок 1** – Общий вид вакуумной камерной электропечи сопротивления СНВЭ-5.10.5/5

Схема электропечи СНЭВ-5.10.5/5 приведена на рис. 1 и 2. Вакуумная камера электропечи представляет собой горизонтальный цилиндрический водоохлаждаемый кожух. Внутри камеры расположен нагревательный модуль, на внутренней поверхности которого размещены зигзагообразные нагревательные элементы из сплава высокого омического сопротивления, образующие одну электрическую зону.

Вакуумная система электропечи 3 состоит из форвакуумной и высоковакуумной линий. Форвакуумная линия оснащена механическим насосом и обеспечивает предварительное вакуумирование печи. Величина остаточного давления в печи после предварительного вакуумирования составляет до 6,5 Па. Высоковакуумная линия обеспечивает в печи остаточное давление  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па. Создание высокого вакуума производят при помощи паромасляного диффузионного насоса. Указанные насосы соединяются с печью трубопроводами, на которых установлено необходимое количество вакуумных клапанов, затворов и манометрических преобразователей.

Электропечь оснащена системой водоохлаждения, которая состоит из панели, напорного и сливного коллекторов. На сливном коллекторе панели установлены реле протока жидкости на каждом сливном трубопроводе.



1 - форвакуумная линия; 2 - вакуумная камера; 3 - нагревательный модуль;  
4 - шкаф управления; 5 - высоковакуумная линия

**Рисунок 2** – Вид сверху вакуумной камерной электропечи сопротивления СНВЭ-5.10.5/5

Управление электропечью осуществляют со шкафа управления. Система управления электропечи работает в ручном и автоматическом режимах, обеспечивая создание вакуума, а также проведение программируемого нагрева и изотермической выдержки садки. В электрической схеме предусмотрены блокировки, обеспечивающие ее безаварийную работу. Технические характеристики электропечи приведены в табл. 1.

**Таблица 1** – Технические характеристики вакуумной камерной электропечи сопротивления модели СНВЭ-5.10.5/5 торговой марки «ОТТОМ»

Параметр, размерность	Значение
Установленная мощность, кВт, не более	35
Мощность электронагревателей электропечи, кВт, не более	25
Размеры рабочего пространства: ширина, длина, высота, мм	500 x 1000 x 500
Номинальная температура, °С	500
Неравномерность температуры нагрева в рабочем пространстве печи (без садки), °С	10
Мощность холостого хода, кВт, не более	16
Рабочая среда при нагреве, выдержке и охлаждении	Вакуум (аргон)
Остаточное давление в рабочем пространстве электропечи в холодном состоянии, Па	$1,33 \cdot 10^{-3}$

Данная вакуумная электропечь пригодна для проведения процессов вакуумного обезжиривания не только пластин из титановых сплавов, но и деталей и стружки из всей известной номенклатуры сплавов титана, всех марок сталей, цветных металлов и их сплавов, в том числе алюминия, например при производстве теплообменников, ко-

торые подвергают пайке в вакууме.

Опытное производство ННЦ «ХФТИ» на сегодняшний день является единственным предприятием на территории государств СНГ, обеспечивающим производство вакуумных электропечей для технологии вакуумного обезжиривания металлических поверхностей.

*Выводы.* Разработаны технология и оборудование для вакуумного обезжиривания поверхности титановых пластин. Новая технология и первый образец промышленной вакуумной камерной электропечи сопротивления периодического действия СНВЭ-5.10.5/5 внедрены в производство на Ростовском вертолетном комплексе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение качества поверхности и плакирование металлов [Текст] : справочник / *А. Кнаушнер*, П. Киммерль, Х. Эрхард и др. ; пер. с нем. – М. : Metallургия, 1984. – 368 с. – Библиография в конце разделов.
2. *Симон, Г.* Прикладная техника обработки поверхности металлических материалов [Текст] : справочник / Г. Симон, М. Тома ; пер. с нем. – Челябинск : Metallургия, Челяб. отд-ние, 1991. – 366 с. – Библиогр. : с. 342-363. – ISBN 5-229-00364-2.
3. *Гриликес, С. Я.* Обезжиривание, травление и полирование металлов [Текст] / С. Я. Гриликес. – 5-е изд., испр. и доп. – Л. : Машиностроение, 1983. – 101 с. – Библиогр. : с. 100.
4. Кинетика и оптимизация ультразвукового обезжиривания поверхности титана [Текст] / *Л. А. Большаков*, Л. А. Фоменко, Ю. В. Серянов, Е. Л. Сурменко / Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2002. – Т. 45, № 5. – С. 24-27.
5. Озонэкшн. Информационный бюллетень по охране озонового слоя и выполнению Монреальского протокола // Режим доступа : \www/ unep: <http://fr/ozonaction/information/mmcfiles/3139-r-oanspecial20thanniversary.pdf>. – 2007. – 22 с.
6. *Шулаев, В. М.* Термическая обработка с применением вакуума [Текст] / В. М. Шулаев // Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов : труды конф. – Харьков : ОТТОМ, 2002. – Ч. 1. – С. 30-32.
7. Вакуумная камерная электропечь сопротивления СНВЭ-5.10.5/5 для проведения экологически чистого процесса вакуумного обезжиривания поверхности тонких титановых пластин [Текст] / *В. М. Шулаев*, Н. Г. Головкин, А. М. Лобода и др. // Бизнес-мост. – 2007. – № 8. – С. 22-23.
8. *Андреева, Т. А.* Физико-химические основы технологии металлополимерных композиционных материалов [Текст] : дис. канд. техн. наук / Т. А. Андреева. – Саратов. 2000. – 110 с.
9. Вакуумная техника [Текст] : справочник / Под общ. ред. *Е. С. Фролова*, В. Е. Минайчева. – М. : Машиностроение, 1992. – 480 с. – Библиогр. : с. 465-468. – ISBN 5-217-0109-1.
10. *Шулаев, В. М.* Вакуумные технологии термической обработки сталей и сплавов в машиностроении [Текст] / В. М. Шулаев // Бизнес-мост. – 2007. – № 1-2. – С. 20-21.

Стаття надійшла до редакції 17.08.2012 р.  
Рецензент, проф. Г.О. Колобов