

УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ

*Белорусский национальный технический университет**Минск, Беларусь*

В настоящее время Республика Беларусь является мировым лидером по производству установок электроимпульсного полирования промышленного назначения. Приведен обзор установок и анализ их конструктивных особенностей. Показано, что конструктивные и дизайнерские решения, положенные в основу их создания, не соответствуют современному уровню развития машиностроения.

С момента изобретения в 1985 г. метода электроимпульсного полирования (ЭИП) [1] большое количество металлообрабатывающих предприятий СССР проявило значительную заинтересованность в его внедрении в производство. В то время установки ЭИП изготавливались на заводах, заинтересованных во внедрении технологии. Основными сдерживающими факторами внедрения метода в промышленных масштабах являлись недостаточные знания о влиянии технологических режимов на качество, точность и производительность обработки, отсутствие промышленных источников технологического тока и конструкторской документации на технологическое оборудование. Исследование технологических закономерностей процесса ЭИП и проектирование технологического оборудования проводились в ходе выполнения многочисленных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В качестве примера на рисунке 1 представлена установка завода теплового оборудования «Радиатор» (г. Кимры, Российская Федерация) [2].

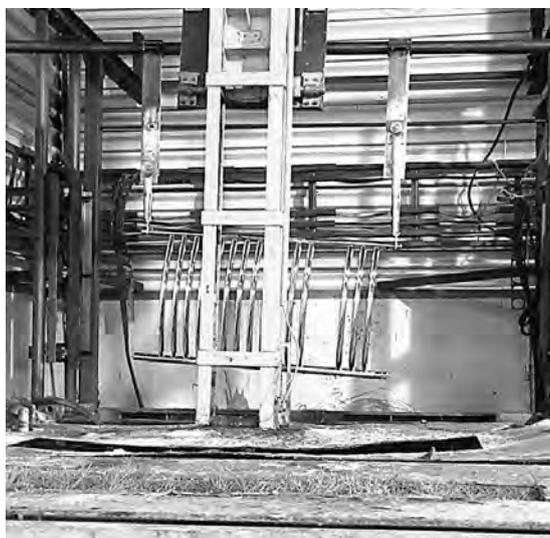


Рис. 1. Внешний вид установки ЭИП КЗТО «Радиатор»

Недостатки конструкции данной установки очевидны:

- отсутствуют защитное ограждение и местная вытяжная вентиляция рабочей зоны, что повышает риск поражения обслуживающего персонала электрическим током и может привести к взрыву в результате накопления до взрывоопасной концентрации гремучего газа, выделяющегося на электродах,
- отсутствует стабилизация температуры электролита, что снижает качество и производительность обработки,
- отсутствует возможность визуального контроля процесса обработки,

- выделяется большое количество водяного пара, содержащего компоненты электролита, что ухудшает экологию производственного помещения,

- громоздкость и непривлекательный дизайн установки.

В настоящее время ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси (г. Минск) предлагает к внедрению установки ЭИП мощностью от 10 до 800 кВт, которые предназначены для финишной обработки поверхности изделий из коррозионностойких и низколегированных углеродистых сталей, цветных металлов (медь, алюминий, титан) и их сплавов. Внешний вид установки ЭИП-10 и схема компоновки установок мощностью от 15 до 800 кВт представлены на рисунке 2, основные технические характеристики установок – в таблице 1 [3].

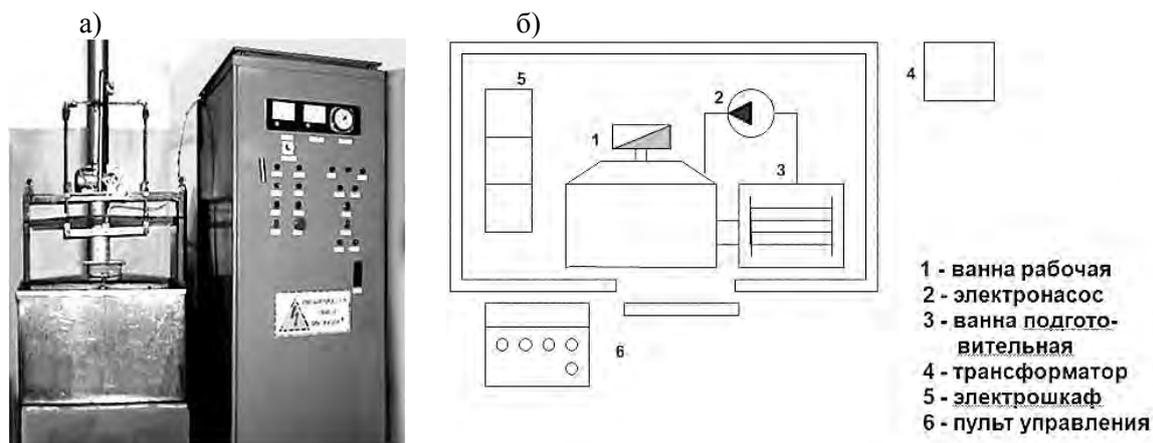


Рис. 2. Внешний вид установки ЭИП мод. ЭИП-10 (а) ГНУ «ОИЭЯИ – СОСНЫ» НАН Беларуси и схема компоновки (б) установок мощностью от 15 до 800 кВт

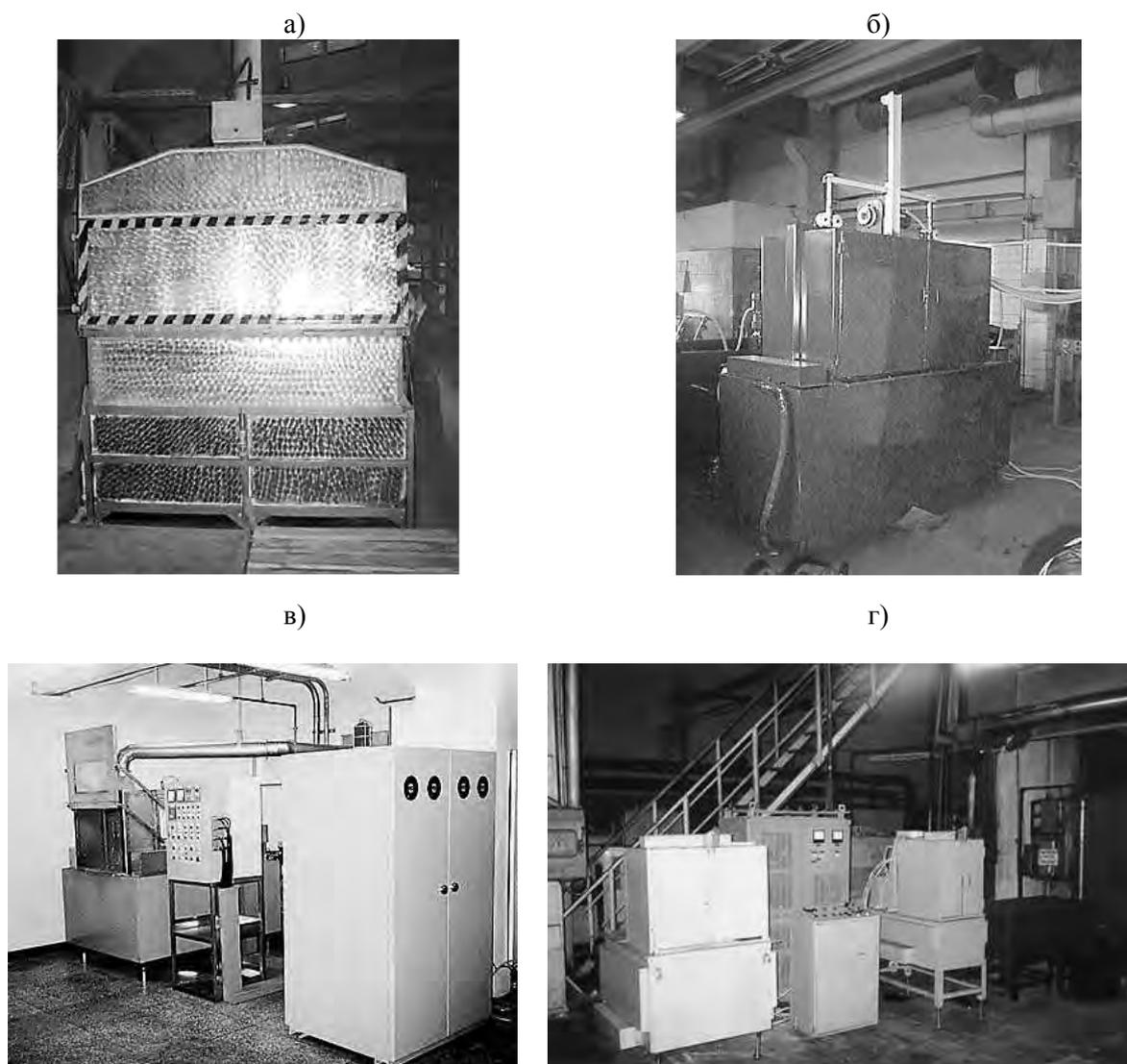
Таблица 1 – Основные технические характеристики установок ЭИП

Наименование показателей	Модель установки				
	ЭИП-I	ЭИП-II	ЭИП-III	ЭИП-IV	ЭИП-V
Мощность, кВт	15	100	250	500	800
Продолжительность полирования, мин	2–6				
Продолжительность удаления заусенцев, мин	0,1–2				
Площадь обработки за одну загрузку, не более, см ²	400	1800	4000	11000	20000
Объем рабочей ванны, м ³	0,1	0,4	0,6	1,5	2,7
Рабочая температура электролита, °С	60–80				
Анодная плотность тока, А/см ²	0,2–0,6				
Габаритные размеры установки (в плане), мм	2500х 2000	3000х 2500	5000х 3000	6000х 3500	8000х 4000

Стабилизация температурного режима в рабочей ванне установок осуществляется за счет перекачки электролита из подготовительной ванны в рабочую ванну. Однако такое конструктивное решение не позволяет обеспечить стабилизацию температуры электролита в рабочей ванне с точностью ± 5 °С. Основные конструктивные недостатки установок ЭИП производства ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси аналогичны недостаткам установки, представленной на рисунке 1. Следует отметить, что

для приведенных в таблице 1 технологических режимов обеспечить обработку заявленной максимальной площади поверхности заготовок за одну загрузку невозможно.

ИРУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» (г. Минск) предлагает к внедрению установки ЭИП различной мощности. Внешний вид установок представлен на рисунке 3 [4].



Модель установки: а – АFS-250 (250 кВт); б – ЭРОМ-21 (250 кВт);
в – ЭРОМ-16 (150 кВт); г – ЭРОМ-1112 (72 кВт)

Рис. 3. Внешний вид установок ЭИП
ИРУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Установки ЭИП предназначены для обработки деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей и товаров народного потребления (столовых приборов, клюшек для гольфа, оправ для очков, трубчатых полотенецсушителей и т.п.). За счет того, что рабочая зона установок ограждена защитным кожухом, снабженным принудительной вытяжной вентиляцией и экраном со строгими блокировками, данные установки лишены приведенных выше недостатков. Однако к недостаткам конструкций установок, представленных на рисунке 3, следует отнести отсутствие единого стиля в оформлении внешнего вида и наличие дополнительной подготовительной ванны для охлаждения электролита, которая увеличивает габаритные размеры установок.

Компоновка установок ЭИП, подобная представленным на рисунке 3, реализована в конструкциях ОАО «Институт БЕЛОРГСТАНКИНПРОМ» (г. Минск). Внешний вид установки

представлен на рис. 4. Основные технические характеристики приведены в таблице 2. Производством и поставкой установок занимается ОДО «ПРОСЕТ» (г. Минск) [5].



Рис. 4. Внешний вид установки ЭИП
ОАО «Институт БЕЛОРГСТАНКИНПРОМ»

Таблица 2 – Основные технические характеристики установок ЭИП

Наименование показателей	Модель установки	
	СМ 3019-42	СМ 3019-41
Рабочее напряжение, В	230	
Анодная плотность тока, А/см ²	0,12–0,15	0,1–0,12
Продолжительность обработки, мин	1–10	
Продолжение таблицы №2		
Площадь поверхности одновременно обрабатываемых изделий, не более, см ²	1000	2000
Габаритные размеры установки, мм	3250x1000x1700	3650x1200x2400
Производственная площадь для размещения установки, м ²	10	13

Подобную компоновку имеет установка ЭИП производства ОАО «Белэнергоремналадка» (г. Минск), внешний вид которой представлен на рисунке 5 [6]. Установка имеет габаритные размеры 3500x2150x2800 мм и обеспечивает производительность обработки не менее 1,4 м²/ч. Отличительной конструктивной особенностью установок, представленных на рисунках 4 и 5, является отсутствие подготовительной ванны. Охлаждение электролита производится непосредственно в рабочей ванне, что позволило уменьшить габаритные размеры установок и повысить точность стабилизации температурного режима обработки.



Рис. 5. Внешний вид установки ЭИП ОАО «Белэнергоремналадка»

К недостаткам конструкций этих установок ЭИП следует отнести большие габаритные размеры, непривлекательный дизайн, не соответствующий современному уровню развития машиностроения, громоздкие информационно насыщенные панели управления, сложные алгоритмы управления и контроля технологических параметров процесса обработки и неудачную эргономику рабочего места, что приводит к необоснованно большому количеству перемещений оператора в течение рабочей смены.



Рис. 6. Внешний вид установки ЭИП компании «Технологии и предложения»

Компанией «Технологии и предложения» (г. Минск) предлагаются к внедрению установки ЭИП мощностью от 30 до 1000 кВт с объемом ванны от 100 до 750 дм³. На рисунке 6 представлен внешний вид установки [7].

Конструкция данной установки ЭИП лишена многих недостатков, перечисленных выше. Согласно технической информации, представленной компанией, установки в зависимости от мощности источника технологического тока обеспечивают производительность обработки от 25 до 100 дм²/цикл при длительности цикла от 3 до 10 мин. Однако, следует отметить, что, например, установка мощностью 30 кВт имеет производительность не превышающую 5 – 6 дм²/цикл. По этой причине заявленная производительность установок представляет собой рекламное предложение, не соответствующее действительности.

Серийное производство установок ЭИП организовано в ОДО «СТЕКЛОВАК» (г. Сморгонь). На рисунке 7 представлен внешний вид установок, основные технические характеристики которых приведены в таблице 3 [8, 9].



Модель установки: а – EPP-60; б – EPP-250

Рис. 7. Внешний вид установок ЭИП ОДО «СТЕКЛОВАК»

Таблица 3 – Основные технические характеристики установок ЭИП

Модель установки	Внутренние размеры ванны (длина ширина высота)	Максимальная сила тока, А	Площадь поверхности одной загрузки, см ²
ЕРР 1000	под заказ	4000	20000
ЕРР 500	под заказ	2000	10000
ЕРР 400	под заказ	1500	7500
ЕРР 250	2000 x 800 x 1100	1000	5000
ЕРР 160	1000 x 800 x 600	600	3000
ЕРР 100	800 x 600 x 1000	400	2000
ЕРР 60	800 x 600 x 600	240	1200
ЕРР 40	800 x 600 x 600	160	800
ЕРР 16	600 x 400 x 600	40	200

Комплект установки состоит из рабочего модуля, включающего ванну, механизм вертикального перемещения заготовок и вентиляционный кожух с защитным экраном, и источник технологического тока с панелью управления мощностью от 10 до 1000 кВт. Система управления позволяет вести обработку в наладочном и автоматическом режимах. Установки оснащены средствами контроля и регулирования температуры электролита, таймерами, контрольно-измерительными приборами и блокировками, обеспечивающими безопасность обслуживающего персонала. К недостаткам конструкций следует отнести непривлекательный дизайн и громоздкие информационно насыщенные панели управления с большим количеством контрольно-измерительных приборов, светосигнальной арматуры, переключателей и кнопок управления.

В 1991 г. в ОАО «Сморгонский завод оптического станкостроения» начато серийное производство установок ЭИП мод. ЭИП-1. В настоящее время завод предлагает к внедрению четыре модели установок, технические характеристики которых приведены в таблице 4 [10].

Таблица 4 – Основные технические характеристики установок ЭИП

Наименование показателей	Модель установки			
	ЭПП-5	ЭПП-30	ЭПП-100	ЭПП-250
Производительность обработки, дм ² /цикл	0,75	5	15	50
Средняя длительность цикла обработки, мин	3			3–4
Мощность, кВт	5,5	30	90	250
Расход технической воды, м ³ /час	0,14	1,4	4,2	
Расход сжатого воздуха, м/час	0,04		1,2	
Габаритные размеры ванны, мм	400x400x800	1200x400x800	1300x400x1000	1800x1100x735
Масса, не более, кг	100	500	1000	1400

Технология ЭИП в настоящее время вызывает значительный интерес как у предприятий стран постсоветского пространства, так и иностранных компаний. Однако, несмотря на это, на этом сегменте рынка промышленного оборудования предложений от иностранных компаний на поставку установок ЭИП достаточно мало. В качестве примера на рисунке 8 представлены установки зарубежного производства, которые изготовлены в Нидерландах компанией Alliance Technologies B.V. (рисунк 8а) [11], Болгарии в Central Laboratory of Applied Physics (CLAP) Болгарской академии наук (рисунк 8б) [12], Китае компанией HONEST(CHINA) Metal etching & Finishing machine Co. (рисунк 8в) [13] и Германии в BECKMANN-INSTITUT für Technologieentwicklung e.V. (рисунк 8г) [14].

Таким образом, Республика Беларусь в настоящее время является мировым лидером по производству установок ЭИП промышленного назначения. Анализ конструкций современных

установок ЭИП показал, что существенным недостатком большинства установок являются громоздкие информационно насыщенные панели управления с большим количеством контрольно-измерительных приборов, светосигнальной арматуры, переключателей и кнопок управления, что приводит к снижению внимания, повышению утомляемости, большим психологическим нагрузкам обслуживающего персонала и, как результат, снижению производительности труда.

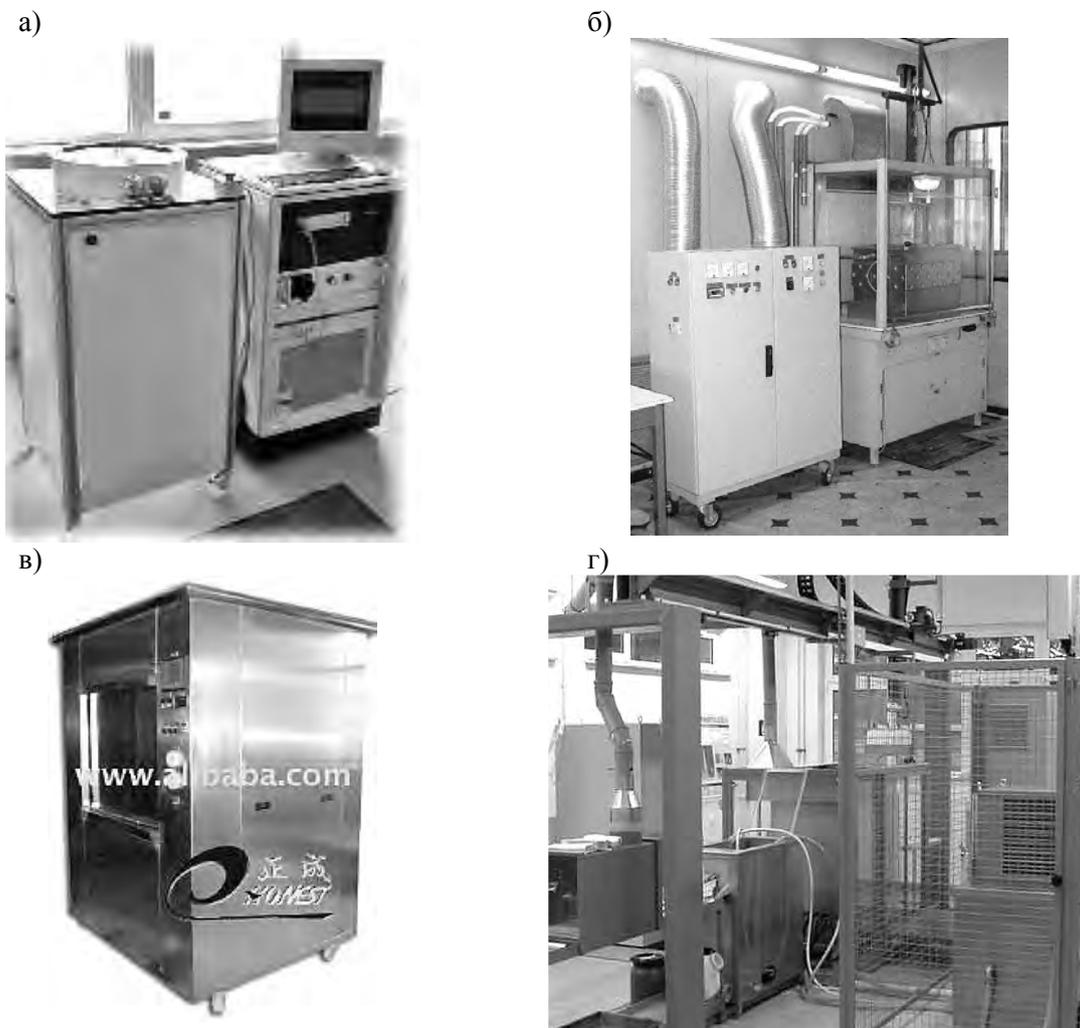


Рис. 8. Внешний вид установок ЭИП зарубежного производства

Варианты обслуживания рабочей зоны и механизмов установок не учитывают эргономических особенностей человека. У многих моделей установок ЭИП отсутствует цельный художественно-конструкторский образ. Несущие элементы конструкций выполняют исключительно функцию крепежа комплектующих узлов и деталей. Сочетание и пропорции элементов обшивки, обеспечивающих защитные функции, и цветовые решения не учитывают возможности снижения у оператора психологической нагрузки от восприятия внешнего вида громоздкого оборудования. Как следствие, дизайнерские и конструктивные решения, положенные в основу создания большинства современных установок ЭИП, не соответствуют современному уровню развития машиностроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ электрохимической обработки: а. с. 1314729 СССР, МКИ4 С 25 F 3/16 / В.К. Станишевский, А.Э. Паршутто, А.А. Кособуцкий; Белорус. политехн. ин-т. – № 3905831; заявл. 27.05.85. – ДСП.
2. Технологии «КЗТО "Радиатор"» // КЗТО «Радиатор» [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://kztoradiator.ru/index.php?Option=comcontent&view=article&id=71>. – Дата доступа: 16.04.2010.
3. Установки для плазменно-электролитной полировки металла // ГНУ «ОИЭЯИ – СОСНЫ» НАН Б [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://plazm-met.narod.ru/>. – Дата доступа: 28.04.2012.

4. Оборудование // Инновационное республиканское унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» [Электронный ресурс]. – 2005-2010. – Режим доступа: <http://www.epo.metolit.by/ru/dir/index.php/2704>. – Дата доступа: 16.09.2016.

5. Технологическое оборудование и оснастка // ОДО «ПРОСЕТ» [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://plazm-met.narod.ru/>. – Дата доступа: 16.04.2012.

6. Полотенцесушители // ОАО «БЭРН» [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.bern.by/>. – Дата доступа: 16.04.2010.

7. Установка электролитно-плазменного полирования УПП // Компания «Технологии и предложения» [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.vacuum-plants.ru/upp.html>. – Дата доступа: 28.04.2012.

УДК 621.793

Соков И.О., Володько А.С., Пилецкая Л.И., Нерода М.В., Кришталь С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Белорусский национальный технический университет

Барановичский государственный университет

Минск, Беларусь

В статье представлены результаты определения влияния состава композиционных материалов и технологии формирования газотермических покрытий на их физико-механические свойства.

На ряде предприятий Республики Беларусь по производству клинового проката при эксплуатации технологического оборудования происходит его периодическое и незапланированное простаивание из-за малого срока службы отдельных деталей. Причиной выхода из строя таких деталей как прокатывающие клинья является износ рабочей поверхности в результате контактного взаимодействия рабочей поверхности с заготовкой. Предприятия несут большие расходы на приобретение быстроизнашивающихся запасных деталей из дорогостоящих легированных сталей, ремонт, установку и наладку оборудования. Эти расходы могут быть существенно снижены за счет нанесения на изнашивающиеся поверхности деталей станов клиновой прокатки многофункциональных композиционных газотермических покрытий с последующей их модификацией лазерным излучением.

Для повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей передовые промышленные страны, такие как: США, Германия, Италия, Япония широко применяют износостойкие покрытия, несмотря на высокую стоимость упрочняющих технологий и оборудования.

Анализ состояния надежности и долговечности оборудования и применяемых упрочняющих технологий показывает, что газотермическим напылением можно упрочнять большое количество типоразмеров различных деталей производственного оборудования на этих предприятиях. Это позволит на 30...40% сократить потребности в запасных частях.

Перспективными технологиями по повышению ресурса рабочих поверхностей деталей станов клиновой прокатки в настоящий момент могут быть технологии с применением газотермического напыления и лазерного модифицирования композиционных материалов, что позволяет создавать поверхностные слои с высокими эксплуатационными свойствами, позволяющими многократно повысить ресурс быстроизнашивающихся деталей.

Исходя из поставленной цели исследований, в работе разрабатывались композиции на основе износостойких, антифрикционных и терморреагирующих материалов. Выбор исходных порошковых материалов для создания композиций с целью последующего получения газотермических покрытий производился исходя из соответствия их следующим условиям:

- высокого уровня физико-механических свойств покрытий, обеспечивающих защиту от различных видов износа и прочность сцепления, гарантирующую работоспособность деталей с покрытиями;

- минимальной себестоимости композиций.