

4. G. Ramakrishna and Hirendra N. Ghosh Emission from the Charge Transfer State of Xanthene Dye-Sensitized TiO₂ Nanoparticles: A New Approach to Determining Back Electron Transfer Rate and Verifying the Marcus Inverted Regime J. Phys. Chem. B, 2001, 105 (29), pp 7000–7008

УДК 622.794.620.172

С.С. КАСЫМОВ¹, В.М. ЮРОВ^{1*}

ИОННО-ПУЧКОВЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

¹Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан
E-mail: skasymov@mail.ru

The technology of wear-resistant coatings on parts modeling samples of thermal power plants, consisting in the use of further ion assisting in the process of ion-plasma deposition of multi-component coatings.

В настоящее время в условиях ограниченности материальных средств в промышленном комплексе особое значение приобретают технологии, увеличивающие долговечность (ресурс) деталей и узлов машин. 90% деталей и машин выходит из строя из-за поверхностного износа. Особенно это актуально для предприятий металлургического комплекса, где большинство механизмов работают в экстремальных условиях и, в частности, в условиях высокого абразивного износа.

Одним из наиболее перспективных направлений повышения эксплуатационной стойкости стальных изделий является применение технологии электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) в вакууме для нанесения упрочняющих покрытий на их поверхности. Для предприятий черной металлургии актуально нанесение упрочняющих покрытий на прокатные вальцы, детали агломерационных мельниц и т.д.

В НИЦ «Ионно-плазменных технологий и современного приборостроения» КарГУ им. Е.А. Букетова проведены работы по созданию установки ЭЛН:

- разработана и изготовлена вакуумная система с давлением остаточных газов не более 10^{-5} Па (рис. 1);

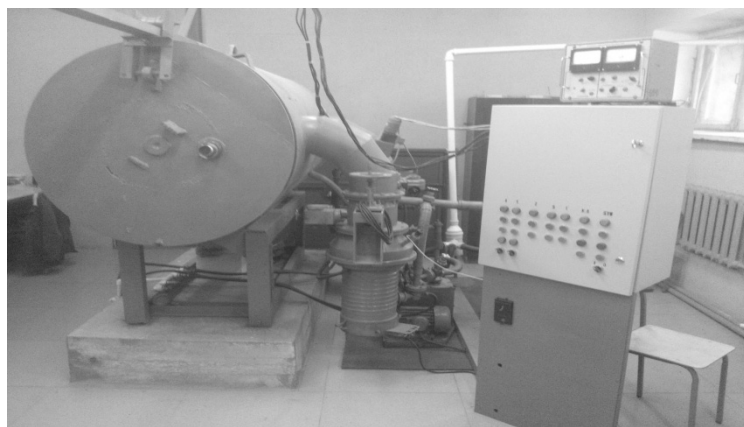


Рисунок 1 – Вакуумная система для ЭЛН

Вакуумная система обеспечивает создание в рабочей камере необходимого рабочего давления и состоит из форвакуумных насосов 2НВР-5ДМ, диффузионного паромасляного насоса Н-250/2500, клапанов вакуумных с электромеханическим приводом ДУ-63, затвора вакуумного с электромеханическим приводом 23ВЭ-250, клапанов с электромагнитным приводом ДУ-25, фильтра, вентиля вакуумного с ручным приводом, преобразователей (датчиков вакуума) манометрических термопарных и ионизационных, подсоединенных к вакуумметру ВИТ-4. Регулирование остаточного давления выполняется с помощью автоматического регулятора напуска рабочего газа.

- - изготовлен блок управления вакуумной системой с давлением остаточных газов не более 10^{-5} Па;
- разработан механический манипулятор для автоматической подачи детали в зону электронного луча (рис. 2);



Рисунок 2 - Манипулятор внутри вакуумной камеры

- технология получения наплавочных микропорошков металлов и сплавов.

Получение микропорошков металлов и сплавов представляет собой сложную задачу и относится к области порошковой металлургии. Мы экспериментировали, используя два подхода к нанесению покрытий: в первом случае использовались порошки отдельных металлов (составлялась механическая смесь); во втором случае предварительно получали сплав соответствующих металлов, а затем размалывали их в порошок, который затем использовался для нанесения покрытий.

В первом случае, в процессе нанесения покрытий с помощью ЭЛН не удается получить нужную структуру покрытий, которая не успевает сформироваться за время остывания расплава. Поэтому мы пошли по второму пути.

Для отработки технологии были выбраны составы Zn-Cu-Al и Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al. Соответствующие металлы в стехиометрических количествах засыпались в небольшие графитовые тигли диаметром 10 мм и затем плавилась в вакуумной печи. Число тиглей достигало от 20 до 30 штук.

При электронно-лучевой наплавке (ЭЛН) для образования жидкометаллической ванны используется энергия, получаемая в результате бомбардировки основного металла ускоренными электронами, сформированными в узкий пучок. При бомбардировке электронами поверхности металла подавляющая часть кинетической энергии электронов превращается в тепловую и используется для расплавления металла и образования жидкометаллической ванны, в которую с помощью порошкового питателя поступает наплавочный материал.

При нагреве электронным лучом за очень короткий промежуток времени в пятне могут быть получены весьма высокие температуры. Расчет показывает, что в слое металла, подвергающегося электронной бомбардировке при толщине слоя равной пробегу электрона в течение 1 с, должна была бы устанавливаться температура порядка (10^7-10^8) °С. В реальных условиях такие температуры в металле существовать не могут вследствие гидродинамических процессов, испарения металла и интенсивного перемешивания расплавленного металла газами и парами, выделяющимися при нагревании, на что расходуется значительная часть энергии. Интенсивность энергии в электронном луче должна иметь свой оптимум, т.к. при очень высокой сосредоточенности источника теплоты процесс сопровождается не только плавлением, но и интенсивным испарением металла.

Процесс передвижения луча по изделию сопровождается дополнительными явлениями, также обусловленными интенсивным действием электронного луча. При движущемся электронном луче плавление металла подложки происходит на передней стенке ванны расплава, в которую поступают порошковые материалы, после чего расплавленный металл перемещается к задней стенке, не подвергающейся нагреву электронным лучом.

При относительном перемещении изделия и электронного луча возникает значительный градиент температур в ванне расплава. На передней стенке ванны, которая подвергается воздействию электронного луча, температура в поверхностном слое может достигать температуры кипения, на задней же стенке ванны расплава температура близка к температуре кристаллизации.

Режим нанесения покрытия. Наплавку производили в (2-4) прохода на подложки из стали 110Г13Л размером $(100 \times 25 \times 3)$ мм. Ускоряющее напряжение было выбрано равным 28 кВ/мм, диаметр и длина развертки электронного луча составляли 1 и 20 мм, соответственно. Скорость перемещения подложки была равна 2 мм/с. Плотность мощности в луче

составляла (104-105) Вт/см². Объем расплавленной ванны варьировался в пределах (15-20) мм³. Толщина наплавленного слоя достигала (3-4) мм.

Вследствие тепловых потерь в расплаве, образующемся при воздействии электронного пучка на массивный кристаллизатор, лишь часть установленной мощности является полезной.

Расчеты показали, что из тепловых потерь расплава наиболее существенными являются потери мощности на излучение и испарение меди. Максимальные потери мощности на испарение не превышают 100 Вт (в расчете не учитывались q_s - удельная скрытая теплота плавления и q_v - удельная скрытая теплота испарения), а размер жидкометаллической ванны расплава увеличивается с 5 мм² (при подогреве образца до 200 °С) до 12 мм² (при подогреве образца до 500 °С).

Лидирующими группами по технологиям ионно-пучковой обработки металлических изделий являются такие страны: Швеция, США, Россия, Англия, Япония, Южная Корея, Германия.

Системы электронно-лучевой наплавки выпускаются немногими фирмами и странами: ACCRETECH (Япония), ADVANCED VACUUM (Швеция), AGILENT TECHNOLOGIES (США), AMCAD ENGINEERING (Франция), AMCOSS (Австрия), ARIAS (Германия), ООО «Промышленная электроника» (Россия).. Услуги по нанесению покрытий ориентированы исключительно на внутренний рынок, а продажа оборудования и технологий - на внешний. Однако технологии получения покрытий не раскрываются, либо поставляются самые простейшие.

В Казахстане технологии ЭЛН нет. Новизна и уникальность работ НИЦ КарГУ им. Е.А. Букетова состоит в том, что впервые в мире удалось разработать способ определения поверхностного натяжения осаждаемых покрытий, включая и ЭЛН (Юров В.М. и др. *Способ измерения поверхностного натяжения осаждаемых покрытий. Патент РК №66095. Оpubл. 15.11.2010, Бюл. №11*) (Приложение А4). Это позволило нам целенаправленно синтезировать покрытия с заданными свойствами.

Предлагаемые технологии ионно-пучковой обработки придают изделиям из простых марок сталей, которые производятся в Казахстане, эксплуатационные характеристики, не уступающие изделиям из специальных сталей. Это приводит к снижению себестоимости продукции примерно в 5-12 раз.

Цена единицы продукции зарубежных фирм-производителей изменяется в пределах от 200 до 600 \$ за 1 м² покрытия в зависимости от его состава.

Цена единицы нашей продукции изменяется в пределах от 30 до 60 \$ за 1 м² покрытия, т.е. в 10 раз дешевле зарубежных аналогов.

Мы приглашаем всех заинтересованных лиц в завершении работ по ЭЛН. Благодаря ряду преимуществ технологии ЭЛН - простоте, высокой стабильности и надежности электромагнитной системы сканирования электронного луча, возможности гибкого управления за счет изменения его параметров, безотходности и экологической чистоте процесса обеспечивается формирование покрытий с необходимыми структурой и свойствами.

Литература

1 Гученко С.А., Юров В.М., Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н. Многофазные нанокристаллические покрытия // Известия НАН РК, 2013. - № 2. - С. 165-170.

2 Лауринас В.Ч., Юров В.М., Гученко С.А., Завацкая О.Н. Влияние лазерного облучения на свойства многофазных покрытий // Известия НАН РК, 2013. - № 2. - С. 155-159.

3 Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н. Процессы самоорганизации при формировании ионно-плазменных покрытий // Известия НАН РК, 2013. - № 2. - С. 160-164.

УДК 621.311

А.К. КУСАИЫНОВА¹, С.Е. САКИПОВА¹, Б.Р. НУСУПБЕКОВ¹,
К.Р. КЕНЖЕГАЛИ², А.К. НУРБАЙ²

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЦИЛИНДРОВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

¹Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан
E-mail: asia0804@mail.ru

² Департамент образования города Караганды

*Usual wind turbines do not work efficiently at low wind conditions, i.e. (that is) less than 5 m/s. **Novelty of the research** is that unlike existing usual helical wind turbines, blades of which reflects the airflow at small angles, cylindrical elements of our wind turbine more effectively capture the flow of a flying wind due to rotation of the very cylinders. Namely due to this high performance/high effectiveness of the wind turbines is provided.*

***Originality of the research** is that the section variability provides the decrease in an aerodynamic resistance by preserving reasonably high traction.*

***Implications of the project:** Our results can be used for designing multi-bladed wind turbines on the basis of the Magnus effect that work at a low wind speed of 3-5m/s.*

Одним из первых ветродвигателей, использовавших эффект вращающихся цилиндров – был ветряной корабль. Ветряной корабль Флеттнера или „Ротор Флеттнера“ обладает удивительными свойствами, которые никак нельзя объяснить простыми представлениями о ветряном давлении, достаточно сказать, что силовые действия на вращающийся цилиндр должны быть в 10 - 15 раз больше, чем на парус с такой же видимой поверхностью. В настоящее время гидродинамика не только может вполне объяснить это на первый взгляд загадочное явление, но она явилась планомерной путеводительницей при открытии больших силовых действий вращающегося цилиндра. Цилиндрическое тело классически является неотъемлемым элементом практически всех аэрогидродинамических аппаратов и теплообменных устройств. Современный уровень развития техники и высоких технологий позволяет использовать вращающийся цилиндр в качестве специального элемента