

2. Тимошпольский В. И., Стеблов А. Б., Ковалевский В. Б. и др. Теплотехнология металлургических минизаводов. Минск, 1992.
3. Ковалевский В. Б., Папкович В. Н., Козлов С. М. // Инженерно-физический журнал 1996 г. том 69, № 2. с. 285-290.
4. Ковалевский В. Б., Тимошпольский В. И., Свирид В. Т. // Инженерно-физический журнал 2003 г. том 76, № 4. с. 138-141.
5. Несенчук А. П., Тимошпольский В. И., Трусова И. А., Мандель Н. Л. Промышленные теплотехнологии. Машиностроительное и металлургическое производство. Часть 1. Минск. 1995.

Аннотация

В данной статье рассматривается минимизация расхода топлива на нагрев металла в печи непрерывного действия. Предлагается процесс идентификации числовых параметров нагрева. Рассматривается модель работы печи с учетом лучистой и конвективной составляющих теплообмена. На основе метода магистральной оптимизации рассчитывается режим работы печи обеспечивающий уменьшение расхода топлива на 4 процента.

Summary

This article describes the fuel rate minimization for metal heating in continuously working furnace. Identification process of numeric parameters of heating is proposed. Furnace working model is examined taking into account radiant and convectional components of heat exchange. Furnace working control plan providing fuel rate decrease on 4 percent is calculated using mainline optimization method.

УДК 621.357

ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

С.С Клименков, А.К. Новиков
УО «Витебский государственный
технологический университет

Одним из направлений ресурсосберегающей политики является повышение надежности машин и аппаратов. Среди разнообразных методов решения этой задачи особое значение имеют технологические способы повышения надежности машин. Из них широко применяют в практике упрочнение поверхностей деталей пластическим деформированием, термомеханической и химико-термической обработкой, диффузионными и гальваническими покрытиями. Однако традиционные методы упрочнения оказываются не всегда эффективными, особенно в тех случаях, когда детали машин испытывают специфическое влияние окружающей среды, например высоких или низких температур, агрессивных сред, морской воды, вакуума и т. д. В последние десятилетия успешно развивается технология электроосаждения композиционных электрохимических покрытий (КЭП). Суть метода заключается в том, что в месте с металлом из гальванической ванны на детали осаждают различные неметаллические частицы: карбиды, оксиды, сульфиды, порошки полимеров и т. д. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу сильно изменяет свойства покрытий и, главное, в десятки раз увеличивает их износостойкость. Однако метод характеризуется низкой скоростью образования композиционного покрытия.

Ускорить процесс образования покрытия и значительно повысить содержание дисперсной фазы в покрытии можно, уменьшая толщину прикатодного (диффузионного) слоя, обедненного ионами металла. Следует сказать, что используя интенсивное перемешивание, вызывающее турбулентное движение электролита в ококатодном пространстве, можно уменьшить толщину диффузионного слоя только до 10 мкм. Дальнейшее снижение ее достигается при механическом воздействии дисперсных частиц. Такое воздействие можно осуществлять воздушным распылением дисперсных частиц вне гальванической ванны. Технология газодинамического нанесения КЭП заключается в том, что предварительно, на подготовленную поверхность заготовки методом электролиза осаждают слой металла, после чего осуществляют формирование композиционного покрытия, для чего одновременно с электрохимическим осаждением покрытия производят закрепление в нем частиц порошка путем их воздушного распыления на покрываемую поверхность вне гальванической ванны.

Способ газодинамического нанесения покрытий получил развитие на основании способа нанесения композиционных электрохимических покрытий из электролитов-суспензий, представляющих собой электролиты с добавкой определенного количества мелкодисперсного порошка. При наложении электрического тока на поверхности покрываемого предмета осаждается металл (первая фаза или матрица) и частицы порошка (вторая фаза), которые цементируются матрицей. При определенных условиях электролиза возможно получение покрытий, в которых могут быть частицы от самых минимальных до соизмеримых с толщиной осадка. Чаще всего КЭП получают из суспензий, содержащих твердую фазу в количестве 50-200 г/л, что составляет 1-20 объёмн.%. Процесс осаждения КЭП обычно проводят при непрерывном перемешивании электролита-суспензии. Введение частиц в электролит существенно уменьшает его электропроводность, что приводит к замедлению процесса осаждения, так как затруднительнее становится зарастание частиц на катоде. По толщине матрицы частицы располагаются неравномерно. Наибольшее количество частиц осаждается ближе к основному металлу и в тех местах, где выше плотность силовых линий тока. Повышенное газосодержание катодных осадков приводит к получению рыхлых осадков.

При воздушном распылении, дисперсные частицы оказывают воздействие на характер протекающих на электродах процессов и качество поверхности кристаллизуемого металла. Их воздействие приводит к механическому снятию пассивирующих пленок (ослабляется поляризация). Движущиеся твердые частицы очищают поверхность от адсорбированных пузырьков газа и механических загрязнений. Скорость распыления дисперсных частиц выбирается из условия обеспечения необходимого состава композиционного покрытия с учетом потерь.

Изучив существующие методы распыления и ограничения, накладываемые особенностями процесса осаждения металла методом электролиза, разработана технологическая схема формирования композиционного электрохимического покрытия.

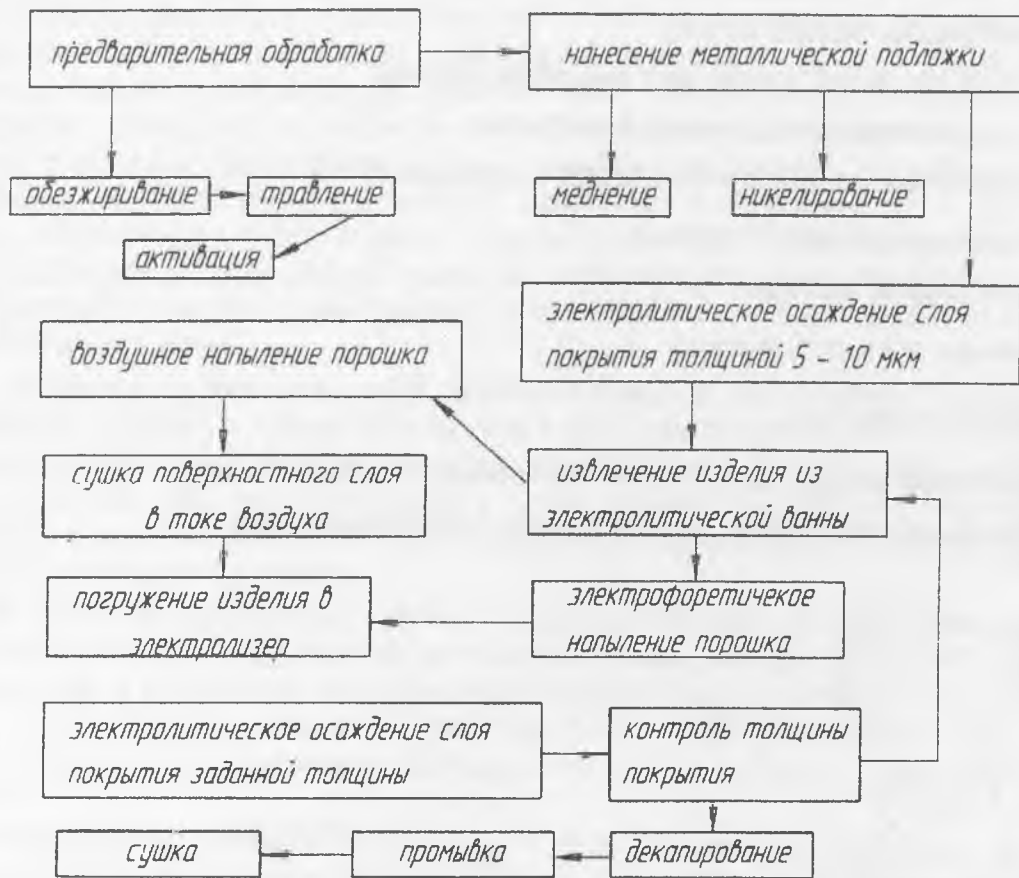
Предлагаемая технологическая схема получения предполагает использование двух вариантов формирования композиционного слоя:

- с напылением порошка электростатическим (электрофоретическим) методом,
- с пневматическим напылением порошка с последующей сушкой в токе воздуха (инертного газа).

Начальная стадия получения композиционного покрытия идентична для двух вариантов закрепления частиц порошка на поверхности изделия, и заключается в качественной предварительной подготовке поверхности, заключающейся в обезжиривании, травлении и активации поверхности в составах соответствующих материалу изделия.

Следующая стадия технологического процесса нанесения КЭП – нанесение медной или никелевой подложки, проводится для лучшей адгезии формируемого композиционного слоя к поверхности изделия.

*Технологическая схема получения
композиционного покрытия газодинамическим
способом*



Электроосаждение слоя материала матрицы толщиной 5 –10 мкм – операция, предшествующая нанесению нанодисперсных частиц газодинамическим методом, и необходимая для образования вокруг частиц порошка матричной оболочки. После извлечения изделия из электролизера следует операция напыления порошка. При искусственной электризации электростатическим методом порошок либо его суспензия находится в электрическом поле. Под действием этого поля на поверхности частиц образуется электрический заряд. Удержание напыленной частицы на поверхности изделия происходит за счет разнородности зарядов, а при распылении суспензии возможно образование оболочковых слоев металла матрицы и закрепление частицы на изделии.

Использование метода пневматического напыления частиц целесообразно при необходимости упрощения технологического оборудования и использовании суспензий на основе составов для химического нанесения покрытий, что позволяет в процессе сушки напыленного слоя закрепить частицы на поверхности путем восстановления ионов металла из электролита.

После закрепления частиц следует операция электролитического осаждения слоя металла требуемой толщины, при необходимости, контроль толщины покрытия и напыление нового порошкового слоя с последующим заращиванием металлом матрицы. Соотношение между временем заращивания и временем распыления можно определять по формуле:

$$t_3 = \frac{\pi r^2 t_p \rho}{kI} \cdot \sqrt{\frac{3(P_2 - P_1)L}{r_1 \rho_1}} \cdot k_1,$$

где t_3 - время наращивания;

t_p - время распыления;

r - средний радиус потока частиц;

k - электрохимический эквивалент вещества частиц;

I - сила тока, пропускаемого через электролит;

P_1 и P_2 - давление на выходе и на входе из форсунки;

L - длина канала движения частиц;

r_1 - средний радиус частицы;

ρ - объемная плотность частиц;

ρ_1 - плотность покрытия;

k_1 - поправочный коэффициент (с учетом трения и турбулентности).

Принципиальная схема реализации способа изображена на рис.1.

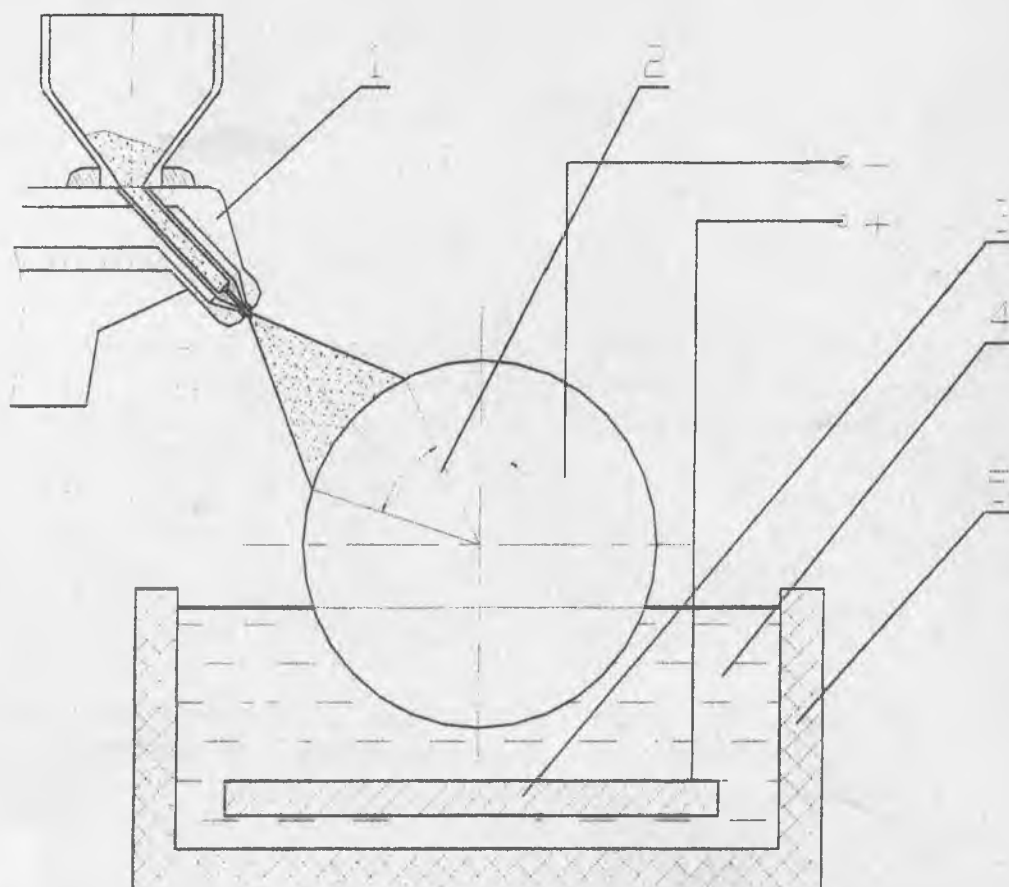


Рисунок 1

распылитель 1, катод (заготовка) 2, анод 3, электролит 4, гальваническая ванна 5.

Экспериментальная апробация технологии газодинамического легирования электрохимических покрытий проводилась на основании покрытия $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$ и осуществлялась следующим образом.

Заготовка 2, на которую планируется нанести композиционное покрытие, подвергается предварительной обработке, состоящей из химического обезжиривания, промывки и травления. Заготовку помещают на ось и частично окунают в гальваническую ванну 5. Ванна заполняется электролитом 4. На подготовленную поверхность заготовки методом электролиза осаждают слой металла, после чего осуществляют формование композиционного покрытия, для чего одновременно с электрохимическим осаждением покрытия производят закрепление в нем частиц порошка путем их воздушного распыления с помощью распылителя 1 вне гальванической ванны. Из распылителя частицы порошка подаются через игольчатый клапан; при этом количество порошка определяется интенсивностью распыления. Тонкая струя порошка, выходящая из распылителя, диспергируется током сжатого воздуха, поступающего через отверстия в головке распылителя. Отверстия сопел нужно направлять так, чтобы обеспечить равномерное распыление частиц.

Необходимо установить такое давление воздуха, при котором обеспечивается достижение требуемого качества покрытия и приемлемая скорость отбивки порошка и пылеобразования (неизбежные потери). Другими факторами, которые влияют на выбор давления воздуха, является вязкость и поверхностное натяжение. Чем выше эти показатели, тем больше энергия, необходимая для распыления порошка, и тем мощнее должен быть поток воздуха.

Распыление дисперсных частиц позволяет получать композиционные покрытия с равномерным распределением дисперсной фазы, а также позволяет повысить плотность тока, а следовательно интенсифицировать процесс осаждения. Кроме того, движущиеся частицы оказывают благоприятное влияние на поверхность осаждаемого слоя, уменьшая наводороженность покрытия и улучшая тем самым качество поверхности.

Объемное содержание упрочняющей фазы, отвечающее оптимуму свойств, в значительной степени связано с технологическими возможностями равномерного распределения дисперсных частиц. Технология позволяет увеличивать объемное содержание дисперсной фазы в гальваническом покрытии при ее равномерном распределении в матрице.

Анализ макроструктуры полученного композиционного материала показал отсутствие конгломератов частиц, равномерность распределения керамических частиц по толщине матрицы, а также отсутствие пор, что свидетельствует о низкой наводороженности композиционного электрохимического материала. Содержание дисперсной фазы в покрытии составило 15-20% объем. Экспериментальные исследования показали, что износостойкость композиционного покрытия повысилась в 1,5...2 раза по сравнению с известным способом осаждения.

Список использованных источников

1. Новиков А.К., Клименков С.С. Способ газодинамического нанесения композиционных электрохимических покрытий. Материалы 23 МНТК «Композиционные материалы в промышленности» 2-6 июня 2003г. Ялта.

Аннотация

Представлена технология газодинамического легирования электрохимических покрытий. Технология заключается в формировании композиционного покрытия путем одновременного электрохимического осаждения покрытия и закрепление в нем частиц порошка путем их воздушного распыления на покрываемую поверхность вне гальванической ванны.

Summary

The technology of gasodinamic hardening electrochemical coverings is submitted. The technology consists in formation of a composite covering by simultaneous electrochemical sedimentation of a covering and fastening in it of particles of a powder by their air dispersion on a covered surface outside of a galvanic bath.

УДК 621.357.6

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ С NI-P ПОКРЫТИЕМ

А.К. Новиков

*УО «Витебский государственный
технологический университет»*

Современное производство машин, механизмов и приборов невозможно без широкого применения электролитически осажденных металлов. Применение композиционных электролитических покрытий позволяет расширить пределы использования электролитических покрытий, так как они придают поверхностям деталей такие ценные качества, как стойкость против изнашивания, коррозии, температурных воздействий, а также декоративный вид.

Электроосаждение металлов с одновременным включением в осадок находящихся в электролите частиц различных неорганических материалов заключается в том, что изготавливаемую деталь в качестве катода помещают в гальваническую ванну. Определенное число закрепляемых частиц вводится или непосредственно в прикатодную зону, ограниченную специальным приспособлением, препятствующим распространению закрепляемых частиц по всему объему рабочего раствора, или в весь объем электролита. В первом случае на покрываемую поверхность тем или иным способом наносят зерна керамического порошка (чаще всего значительных размеров—от 0,04 до 1 мм), которые находятся в неподвижном состоянии в соприкосновении с катодом, после чего приступают к их закреплению. Во втором случае осаждение мелкодисперсных (до 10—15 мкм) частиц, поддерживаемых во взвешенном состоянии посредством барботирования, механического перемешивания или перекачивания, и их внедрение в гальванический осадок происходит одновременно с увеличением слоя осаждаемого металла. Принципиальные различия между этими двумя способами получения композиционных покрытий заключаются в состоянии осаждаемого материала и катода, в методах их соприкосновения, дисперсности материала и областях применения. [1]

Одинаковым же для этих способов будет являться механизм включения керамической частицы в электролитическое покрытие. При использовании необработанных керамических частиц включение их в покрытие происходит при воздействии двух факторов:

адсорбции на поверхности частицы ионов из электролита,
закрепления частицы в неровностях поверхностного слоя.

Как в случае с неподвижным расположением частицы порошка на изделии, так и в случае с поддержанием порошка во взвешенном состоянии электрически нейтральная керамическая частица должна находиться в стационарном положении на протяжении времени, необходимого для образования вокруг нее слоя электролитического металла. Удержание частиц в стационарном положении происходит либо за счет воздействия внешних механических сил — закрепление частиц специальным приспособлением, попадания в неровности поверхностного слоя, либо за счет сил поверхностного натяжения, действующих на ультрадисперсные частицы при попадании их на поверхность катода.