

НАНЕСЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Гавриш П. А., Бережная Е. В., Малыгин Н. О.

Проведено исследование возможности повышения долговечности работы доменных фурм газотермическим напылением. Показана целесообразность и рациональность использования горелки для газотермического напыления Евро ДжетXS-7. Представлены оптимальные режимы процесса напыления порошкового материала, обеспечивающие высокое качество нанесенного слоя и предотвращающие отслаивание покрытия. Исследован фазовый состав и микротвердость напыленного порошковым материалом слоя. Показано, что выбранный состав порошкового материала при напылении позволил повысить жаростойкость фурмы.

Проведено дослідження можливості підвищення довговічності роботи доменних фурм газотермічним напиленням. Показано доцільність та раціональність використання пальника для газотермічного напилення ЄвроДжет XS-7. Наведено оптимальні режими процесу напилення порошкового матеріалу, що забезпечують високу якість нанесеного шару та попереджають відшарування покриття. Досліджено фазовий склад і микротвердість напиленого порошковым матеріалом шару. Показано, що обраний склад порошкового матеріалу при напиленні дозволив підвищити жаростійкість фурми.

There was the investigation of the possibility of increasing the durability of blast lances by thermal spraying. The expediency and efficiency of the burner use for thermal Euro DzhetsXS 7-spraying were presented. The optimal modes of powder material deposition process to ensure the high quality of the applied layer and preventing delaminating of the coating were presented. The phase composition and microhardness of the deposited layer of powder material was investigated. It is shown that the composition of the selected particulate material during spraying lance has enhanced heat resistance.

Гавриш П. А.

канд. техн. наук, доц. каф. ПТМ
ДГМА

ptm@dgma.donetsk.ua

Бережная Е. В.

канд. техн. наук, докторант НТУУ «КПИ»

Малыгин Н. О.

студент ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;
НТУУ «КПИ» – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев.

УДК 621.791.85.011:546.56

Гавриш П. А., Бережная Е. В., Малыгин Н. О.

НАНЕСЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Наиболее прогрессивные и экономически выгодные технологические процессы восстановления и ремонта изношенных деталей в машиностроении, металлургии, химической промышленности и других отраслях – это такие процессы, которые позволяют не только восстановить первоначальные геометрические размеры, но и повысить их физико-механические свойства, такие как: износостойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость и другие свойства рабочей поверхности деталей машин. Наиболее простым и экономически выгодным процессом является газотермическое нанесение покрытий. Применяя современные материалы и технологии газотермического напыления, можно уменьшить или даже полностью исключить негативное влияние таких явлений, как износ, коррозия, эрозионные процессы и др. Современные методы газотермического напыления могут быть использованы для создания специальных свойств узлов и деталей машин таких как, жаростойкость, антифрикционность, поглощение продуктов излучения радиоактивных материалов, обеспечение необходимых оптических свойств, и многое другое. Причем, использование методов газотермического напыления, как часть технологического процесса, например, электроконтактной наплавки, позволяет получить подслои со специальными свойствами, необходимыми для качественного нанесения функционального слоя [1,2].

Цель работы – повышение надежности работы деталей металлургического оборудования.

Воздушная фурма доменной печи работает в тяжелых условиях: с одной стороны она контактирует с жидким металлом или шлаком, с другой стороны – охлаждается водой, принимает и передает большие тепловые потоки. Термоциклирование доменной фурмы накладывает особые требования как к конструкции, так и к жаропрочности поверхности фурмы [3, 4]. Газотермическое напыление осуществляли с использованием в качестве горючего газа – технического ацетилена марки Б ГОСТ 5457-75. Подготовку поверхности под напыление выполняли обработкой шлифовальным кругом марки 15А, зернистостью 53Н, 63П согласно ГОСТ 3647-80, до шероховатости 140...170 мкм. Изменяли такие параметры: дистанцию напыления (160...200 мм); скорость напыления (35...70 м/ч); гранулометрический состав порошка (30...140 мкм).

Экспериментальными исследованиями установлено, что оптимальная дистанция при использовании горелок для газотермического напыления Евро ДжетXS-7 и Евро ДжетXS-8 – 160...170 мм. Скорость напыления 0,01...0,012 м/с; давление кислорода 0,5 МПа; давление ацетилена 0,6 МПа; фракция порошков 40...70 мкм. Особую роль в термическом состоянии напыляемой поверхности играет температура подслоя (подложки). Зависимость дистанции напыления от температуры подогрева подложки приведена на рис. 1. График зависимости дистанции напыления от температуры подогрева подложки показывает, что уменьшение дистанции напыления до 140...120 мм приводит к увеличению температуры подложки более 200 °С. что для некоторых порошков недопустимо, т.к. приводит к растрескиванию и отслоению покрытия. С целью повышения жаростойкости покрытия использовали порошки ПТНА-01 (подслой), ПН85Ю15 (основной слой).

Для определения фазового состава напыленного слоя, следует обратиться к диаграмме состояния Ni-Al [5]. Как известно, диаграмма состояния описывает равновесное состояние элементов системы Ni-Al в зависимости от внешних условий – температуры и давления.

Наша система является конденсированной, и газообразных фаз нет. Давление в системе считается постоянным и равным 101,325 кПа (1 атм), а диаграмма состояния строится в координатах «концентрация – температура». Согласно диаграмме состояния [5] в системе образуются четыре интерметаллидных соединения, которые могут плавиться конгруэнтно и обладают определенным составом (дальтонида).

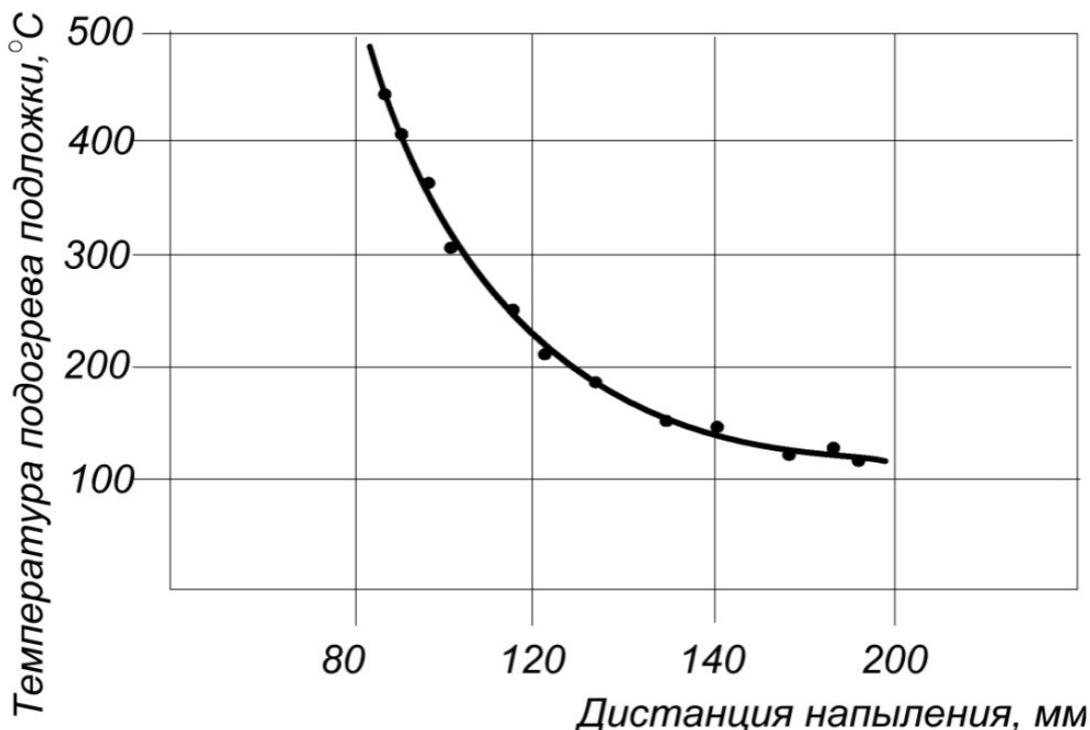


Рис. 1. Зависимость температуры подогрева подложки от дистанции напыления

На рис. 2 приведена диаграмма состояния системы Ni-Al, которая подтверждает выше сказанное. В этой системе образуются твердые растворы: Ni в Al и Al в Ni и интерметаллидные соединения $NiAl_3$ (β – фаза); Ni_2Al_3 (γ – фаза); $NiAl$ (δ – фаза); Ni_3Al (ϵ – фаза). Кроме того, при напылении в средах, содержащих кислород, должны присутствовать и оксиды никеля и алюминия, но в исследованиях они не обнаружены. Соединения Ni_2Al_3 и Ni_3Al характеризуются относительно узкими областями гомогенности, соединение $NiAl$ – широкой областью [5]. Фазы $NiAl_3$, Ni_2Al_3 и Ni_3Al образуются по перитектическим реакциям, а при нагревании разлагаются при температурах, указанных на диаграмме состояния (рис. 2).

Применяя оксид алюминия для напыления надо отметить, что характерным является присутствие в покрытии – оксида алюминия в двух модификациях – α и γ . Это свидетельствует о том, что частицы оксида алюминия, пройдя высокотемпературную зону пламени горелки практически полностью расплавляются. Наличие α -фазы Al_2O_3 в покрытии говорит о том, что не все частицы претерпевают аллотропические превращения и для их полного расплавления требуются специальные технологические приемы.

Прочность сцепления покрытия с основой определяется близостью коэффициентов термического расширения покрытия и основы. При большой их разнице в покрытии при охлаждении возникают высокие внутренние напряжения, приводящие к растрескиванию покрытия. Для уменьшения разницы между коэффициентами термического расширения покрытия и основы обычно наносят промежуточные слои с усредненным коэффициентом термического расширения.

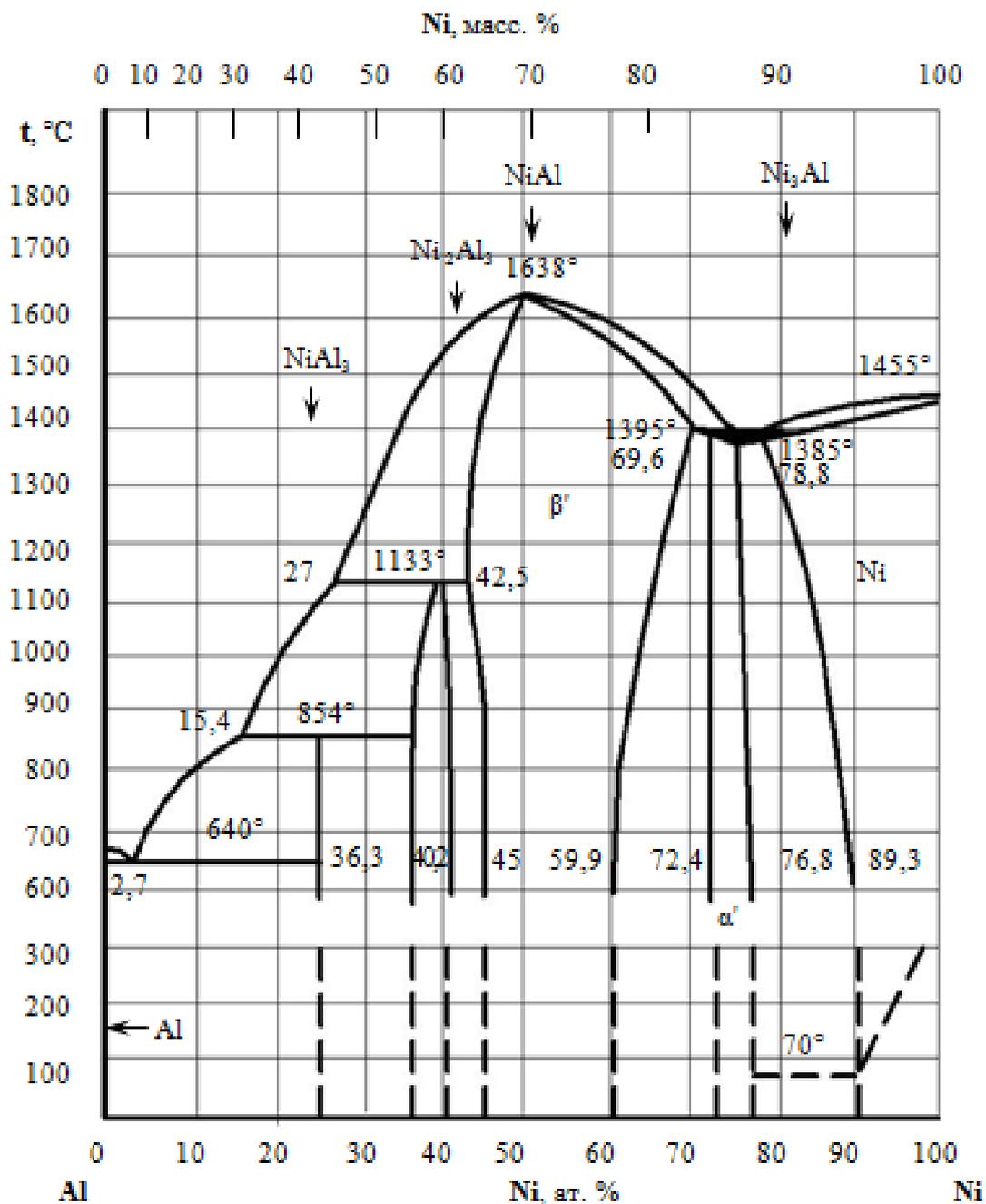


Рис. 2. Диаграмма состояния системы Ni-Al

Выполнены работы по газотермическому напылению с промежуточными слоями: подслой нихрома, промежуточный слой из смеси алюминида никеля (порошок ПН85Ю15) и оксида алюминия и рабочий слой из оксида алюминия. Содержание алюминида никеля в смеси варьировалось в пределах 20...80%.

Испытание на термостойкость проводили путем нагрева образцов газокислородной горелкой до 1000°C с последующим охлаждением на воздухе до нормальной температуры $19...21^\circ\text{C}$. На рис.3 показано фото фурмы, напыленной и подготовленной к установке (ММК им. Ильича).



Рис. 3. Напыленная фурма

За критерий термостойкости принимали количество термоциклов до разрушения покрытия. Наиболее высокой термостойкостью обладает покрытие следующего состава: под-слой никрома толщиной 0,1...0,2 мм, промежуточный слой (30...50%) порошок ПН85Ю15 + (70...50%) Al_2O_3 толщиной 0,5...0,8 мм и заключительный слой из оксида алюминия до суммарной толщины покрытия 1,2...1,6 мм. Количество термоциклов до разрушения покрытия составило более 100, в то время как покрытия без промежуточного слоя выдерживали не более 5...8 термоциклов. Такой способ нанесения покрытия, применяя алитирование образцов в комбинации с газотермическим напылением, имеет микроструктуру, показанную на рис. 3.

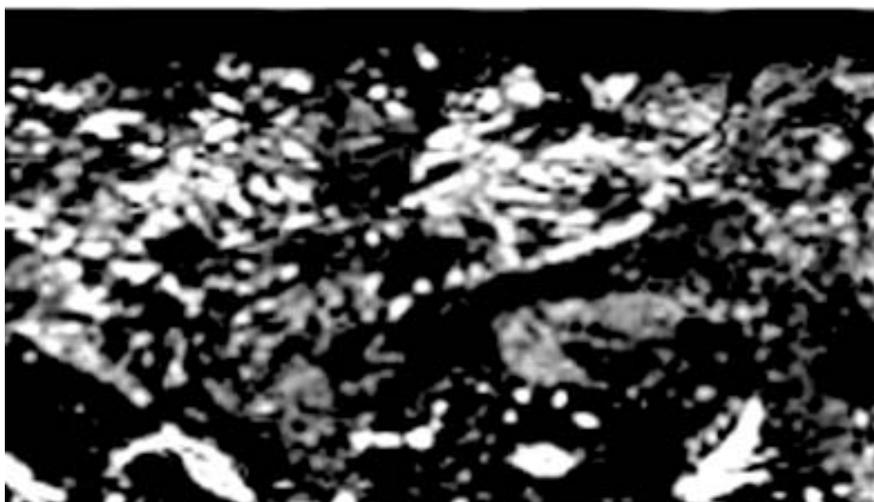


Рис. 3. Микроструктура напыленного слоя

На рис.3 видно, что покрытие имеет три явно выраженных зоны: мелких равноосных кристаллов; крупных столбчатых дендритов и белый нетравящийся слой, представляющий собой раствор алюминия в меди. Напыленное покрытие имеет следующий состав, масс. %:

- Al – 10,05;
- Cu – 88,54;
- Fe – 0,94
- остальное – примеси.

Состав покрытия соответствует алюминиевой бронзе. Фазовый состав такого сплава в литом состоянии представляет собой α -твердый раствор меди и алюминия $\text{CuAl}_2 + \text{CuAl}$, так как в сплаве присутствует железо, то в микроструктуре возможно существование фазы $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$ [6, 7]. Измерение микротвердости показало значительную разницу как по толщине покрытия, так и между структурными составляющими. Так, микротвердость меди составляет 1100 МПа, а микротвердость мелкокристаллического слоя – 2140 МПа, что подтверждают исследования [7, 8]. Испытания напыленных фурм показали повышение долговечности на 8...12% больше, чем не напыленные фурмы.

ВЫВОДЫ

1. Исследована возможность повышения долговечности работы доменных фурм газотермическим напылением.
2. С целью повышения жаростойкости детали испытан состав порошка для напыления ПТНА-01 (подслой), ПН85Ю15 (основной слой).
3. Выбранный состав порошка при напылении позволил повысить жаростойкость фурмы. Повысили долговечность эксплуатации фурмы на 8...12%.
4. Использование горелки ЕвроДжет XS-7 показало ее надежность и простоту настройки. Легкость в управлении и достаточно большая емкость для порошка позволяет выполнять горелкой разнообразные работы при напылении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов // Наукова Думка, Киев. – 1987. – 210 с.
2. Бережная Е.В. Технично-економические преимущества електроконтактной наплавки режущего инструмента / Е.В. Бережная, М.А. Турчанин, Малыгина С.В. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. кнаук. праць. – Краматорськ, ДДМА. – №32. – 2013. – С. 198–202.
3. Рябов В. Р. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов, Д. М. Рабкин, Р. С. Курочко, Л. Г. Стрижевская // Машиностроение, Москва. – 1984. – 239 с.
4. Гавриш П.А. Исследование термического воздействия на материалы для доменных фурм / Гавриш П.А., Серов И.В., Кассов В.Д. // 8-я Международн. конференция «Оборудование и технология термической обработки металлов и сплавов». – Харьков: ННЦХФТИ, 16-20 мая. – 2005. – С.181–185.
5. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник: В 3 т.: Т1 / Под общ. ред. Н.П. Лякишева // Машиностроение, Москва. – 1996. – 992с. – ISBN 5-217-02688-X.
6. Отрадинский Ю.А. Исследование микроструктуры самофлюсующих твердых сплавов системы Ni-Cr-B-Si / Ю.А. Отрадинский, В.С. Матвеев, Г.В. Козлова // Ремонт деталей износостойкой наплавкой и сваркой. – 1972. – С. 22–27.
7. Бережная Е.В. Математическое моделирование формообразования слоя при электроконтактной наплавке проволокой деталей типа вал / Е.В. Бережная, Э. П. Грибков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №6 (213) ч.2. – 2014. – С. 93–96.
8. Wood R. J. K. Tribology of Thermal-Sprayed Coatings / R. J. K. Wood, M. Roy // Surface Engineering and Enhanced Performance against Wear. – 2013. – P. 1–43.