

УДК 621.793

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА САМОФЛЮСУЮЩЕГОСЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ
ТИПА EUTALLOYRW 12496, ПОЛУЧЕННОГО
ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ
С ПОСЛЕДУЮЩИМ ОПЛАВЛЕНИЕМ**

Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО, В. В. ЗАХАРЕНКО, М. В. СПЕЦИАН

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск*

Ключевые слова: покрытия, газопламенное напыление, присадочные порошки, микроструктура, микротвердость.

Введение

На сегодняшний день актуальной задачей является применение сплавов для повышения физико-химических и механических свойств деталей машин к износу и коррозии. При нанесении определенного сплава на детали машин, для улучшения сопротивления материала основы к изнашиванию очень важно разобраться в причинах интенсивного износа и физико-химических процессах [1]. Сплавы на основе Ni, Co, Al, Cr и др. наиболее широко используются в производстве. Покрытия на основе Ni–Cr–B–Si являются наиболее распространенными в промышленной отрасли для защиты штоков, упрочнения корпусов, поршней насосов и деталей сельскохозяйственной, горнодобывающей и нефтяной промышленности.

Основная часть

Целью данной работы является исследование структуры и свойств защитного покрытия типа EutalloyRW 12496 (Ni–Cr–B–Si), полученного с помощью технологии «горячего» газопламенного напыления. Технические характеристики, химический состав и процентное содержание компонентов сплава, а также их температуры кипения и плавления представлены в табл. 1. Наличие Cr обеспечивает стойкость к коррозионному окислению, B и Si – самофлюсимость и уменьшение температуры плавления сплава. Наличие C позволяет получить карбиды, ответственные за повышение твердости и износостойкости покрытия [2].

Таблица 1

Характеристика сплава типа EutalloyRW 12496

Твердость, HRC		630–750						
Температура (ликвидус/солидус), °C		1200/970						
Рабочая температура, °C		1049						
Максимальная эксплуатационная температура, °C		700						
Плотность покрытия, г/см³		7,8						
Компоненты	Ni	Cr	B	Si	Cu	Mo	C	Fe
%-ное содержание	67,75	16	3,5	4	2,5	2,5	0,75	3
T_{пл}, K	1728	2150	2348	1420	1356	2623	3600	1539
T_{кип}, K	3073	2946	4138	2600	2840	4639	4200	2900

Процесс изготовления образцов на стальной подложке (сталь 45) толщиной 50 мм для исследований производился следующим образом. Для получения качественного покрытия, имеющего хорошее сцепление с основной поверхностью образцов, при помощи механической обработки стальная поверхность была тщательно очищена от грязи, жира и т. п. Был произведен предварительный подогрев поверхности стального образца до температуры 280 °С по всей площади. Дальнейшие этапы изготовления образцов производились благодаря оборудованию ведущей компании Castolin Eutectic (Польша), которая является мировым лидером по вопросам технического обслуживания, ремонта и защиты от износа деталей машин. Процесс «горячего» порошкового напыления (рис. 1) сплава типа EutalloyRW 12496 с последующим проплавлением проводится в два этапа.

Этап 1. «Холодное» напыление горелкой CastoDyn DS 8000

На первом этапе наносится слой порошка холодным «методом» до достижения необходимой толщины слоя горелкой CastoDyn DS 8000. В процессе напыления этот слой защищает основной металл от окисления. В табл. 2 представлены типичные параметры напыления на цилиндрическую поверхность рассматриваемого порошка толщиной 0,1–0,2 мм покрытия за один проход.

Таблица 2

Параметры напыления горелкой CastoDyn DS 8000

Стандартное сопло	SSM20
Установка контейнера	4
Тип пламени	нейтральное
Дополнительное давление воздуха, бар	1
Расстояние от сопла до изделия, мм	200
Скорость вращения, м/мин	20
Подача, мм/оборот	3
Давление, бар	кислород – 4 ацетилен – 0,7

Этап 2. Оплавление порошкового слоя горелкой CastoFuse

На втором этапе необходимо оплавить порошковый слой горелкой CastoFuse. Для оплавления также можно использовать индукционную или электрическую печи. Во время оплавления порошок смачивает поверхность детали, что позволяет получить прочное сцепление с основным металлом. После переплавления можно увеличить толщину слоя путем напыления порошка на неостывшую поверхность. В этом случае необходимо избегать быстрого охлаждения детали.

Результатом данного напыления является ровное, гладкое покрытие, требующее минимальной механической обработки (рис. 2).



Рис. 1. Процесс «горячего» порошкового напыления



Рис. 2. Стальной образец с покрытием сплава типа EutalloyRW 12496

Макро- и микроструктура шлифов (рис. 3, 4) напыленного покрытия сплава типа EutalloyRW 12496 исследовалась при помощи современного металлографического комплекса на базе микроскопа МИ-1Т. Увеличение поверхности шлифа составляло 200 и 1000 крат соответственно.



Рис. 3. Макроструктура шлифа x200



Рис. 4. Микроструктура покрытия типа EutalloyRW 12496 x1000

Анализируя макроструктуру поперечного среза покрытия, можно сделать вывод о том, что оно обладает высокой травимостью, незначительной пористостью при общей толщине 870 мкм.

Видно, что граница покрытия со стальной подложкой имеет четкие границы и не содержит пустот или раковин, что свидетельствует о хорошей адгезии. Микроструктура покрытия состоит из светлых и темных участков. Образованные светлые участки представляют собой осадки боридов Cr, а темными участками являются дендриты твердого раствора Ni и эвтектики Ni–B–Si. Переплавленная структура обеспечивается за счет твердого раствора Ni с Cr и Fe [4], [5].

Микротвердость шлифов напыленного покрытия сплава типа EutalloyRW 12496 исследовалась при помощи современного автоматизированного комплекса ПМТ-3М. Нагрузка на индентор составляла 200 г на металлографических участках перпендикулярно к поверхности напыления, время выдержки – 5 секунд. Для каждого образца было проведено по 16 испытаний. Полученная микротвердость по шкале Виккерса показана на рис. 5.

Анализируя результаты измерения микротвердости (рис. 5) можно отметить, что с увеличением расстояния от поверхности стального образца без напыления к зоне контакта покрытия с основным металлом твердость имеет небольшое увеличение и находится в пределах 190–210 HV. В зоне контакта с основным металлом наблюдается резкий скачок показателя твердости, что объясняется минимальной зоной термического влияния и отсутствием примеси компонентов стали 45 и наплавляемого покрытия. Твердость покрытия вблизи зоны термического влияния составляет 520 HV, а максимальная твердость у его наружной поверхности составляет 1050 HV.

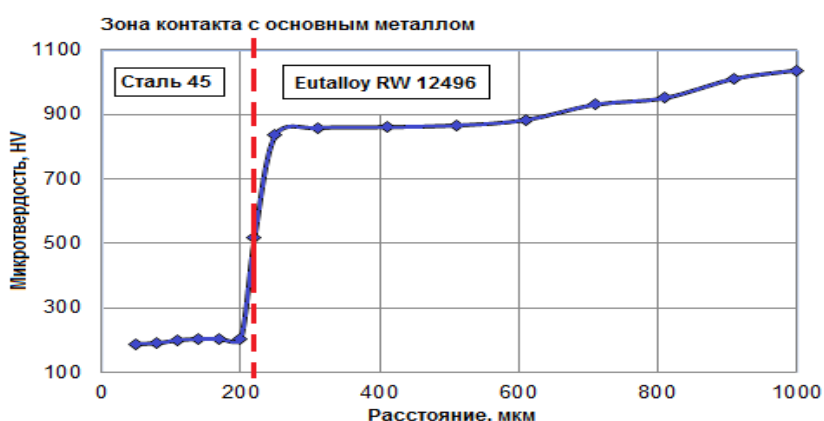


Рис. 5. Характеристика микротвердости образцов

Таким образом, твердость исходной стали 45, благодаря применению газопламенного напыления с последующим проплавлением, увеличивается в 5 раз, в связи с чем можно предполагать, что износостойкие характеристики в целом возрастут. В целом, высокая твердость покрытия типа EutalloyRW 12496 объяснялась наличием небольших упрочняющих частиц борида / карбида на основе хрома и их малого межчастичного расстояния.

Заключение

Согласно проведенному исследованию самофлюсующегося металлического покрытия типа EutalloyRW 12496, нанесенного на стальную подложку сталь 45 путем «горячего» газопламенного напыления с последующим проплавлением, установлены следующие положительные свойства образцов: отсутствие перемешивания сплава

покрытия с материалом подложки, однородность покрытия (минимальная пористость) и высокая адгезия. Твердость по сравнению с материалом подложки возрастает в 5 раз, что говорит о его повышенной износостойкости по сравнению с обычным стальным образцом, а высокое (более 12 % содержание Cr) обеспечивает, как известно, и высокие антикоррозионные свойства.

Литература

1. Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Физические величины : справочник / А. П. Бабичев [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
3. Худокормова, Р. Н. Материаловедение: практикум : учеб. пособие / Р. Н. Худокормова, Ф. И. Пантелеенко, Д. А. Худокормов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2014. – 310 с.
4. Molnár, A. Hardness test and microstructure analysis of Ni-Cr-B-Si sprayed, laser remelted coatings / A. Molnár, G. Buza, A. Balogh. – Production Processes and Systems. – 2013. – Vol. 6, № 1. – P. 35–46.
5. Sheng-Yen, Hu. Wear of flame-sprayed Ni-Cr-B-Si powder coating on journal for seal contact / Sheng-Yen Hu, Jia-Jyun Liao, Yuan Kang. – MATEC Web of Conferences, ICMMR. – 2016. – № 77. – P. 1–6.

Получено 28.08.2017 г.