

Ковальчук А.Г., Ямшинский М.М., Федоров Г.Е.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ЖАРОСТОЙКОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ОТЛИВОК

E-mail: yamshinskiy@ukr.net

Для достижения высоких поверхностной прочности и износостойкости литых деталей в машиностроении используют различные виды обработки: химико-термическую, лазерную и др., а также электрохимические покрытия и специальные наплавки. Однако многими из этих методов не удается получить слой с нужными свойствами толщиной более 0,3 мм, что недостаточно, особенно для крупных деталей.

Толщина поверхностного слоя со специальными свойствами таких отливок должна быть не менее 8...10 мм [1].

Перспективным направлением развития технологии получения отливок с дифференцированными свойствами является поверхностное легирование, которое заключается в применении красок и паст, наносимых на поверхность литейной формы, которая заливается среднеуглеродистым расплавом.

Авторами исследованы процессы жаростойкого поверхностного легирования с использованием некоторых ферросплавов. Такие исследования дали положительные результаты и подтвердили целесообразность использования ферросплавов в качестве наполнителей легирующих покрытий. Это позволило продолжить исследования в этом направлении.

Несмотря на обширные сведения по применению поверхностного легирования для повышения износостойкости литых деталей, вопрос о жаростойком поверхностном легировании остается малоизученным.

Так как для износостойкого легирования чаще всего применяются порошки отдельных легирующих материалов или их смеси, целесообразно установить возможность применения механических смесей порошков для жаростойкого поверхностного легирования отливок.

В качестве исходных материалов для исследования процессов жаростойкого поверхностного легирования выбраны порошки феррохрома ФХ200 фракции 0,1 мм и алюминий фракции 50 мкм, так как хром и алюминий в наибольшей степени способствуют повышению окислостойкости сплавов на основе железа. Выбор марки феррохрома обусловлен его температурой плавления (1530 °С).

Легирующие составы наносились на поверхность формы кистью (в несколько приемов) до толщины 5 мм. В качестве связующего для легирующего покрытия применяли раствор жидкого стекла.

Состав легирующего покрытия приведен в табл. 1. Результаты исследований влияния легирующих покрытий на толщину поверхностно-легированного слоя приведены в табл. 1 и на рис. 1. Температура заливки форм – 1620°С.

Установлено, что изменение содержания алюминия в легирующем покрытии существенно влияет на толщину легированного слоя. При повышении его в покрытии от нуля до 50% по объему толщина легированного слоя уменьшается во много раз. При небольших содержаниях алюминия в покрытии основу составляет сравнительно тугоплавкий порошок феррохрома и поверхностное легирование проходит, по-видимому, вследствие капиллярного проникновения жидкого металла в поры легирующего покрытия. Однако, в виду того, что поры покрытия заполнены мелкодисперсным порошком алюминия, который препятствует проникновению в них металла, имеет меньшую температуру плавления, чем хром, и забирает значительное количество тепла, толщина легированного слоя уменьшается и достигает минимума при соотношении хрома и алюминия 50:50% по объему.

Таблиця 1 – Составы легирующих покрытий и результаты исследования их эффективности

Индекс покрытия	Состав легирующего покрытия, % по объему		Толщина легированного слоя, мкм
	алюминиевый порошок	порошок феррохрома ФХ200	
1	–	100	1970
2	30	70	904
3	50	50	90
4	66,5	33,5	538
5	100	–	5500

Исследование окалиностойкости легированного слоя проводилось в среде воздуха в течение 10 и 100 ч. Результаты испытаний приведены на рис. 2 Испытания проводились при температуре 1000 °С.

Как видно, окалиностойкость легированного слоя на порядок выше окалиностойкости углеродистой стали. Это подтверждает возможность и целесообразность процесса поверхностного легирования.

Лучшими защитными свойствами обладает легированный слой, полученный при нанесении легирующего покрытия на основе феррохрома, так как образующаяся на поверхности образца при высоких температурах окисная пленка Cr_2O_3 является более плотной и труднее отслаивается от поверхности.

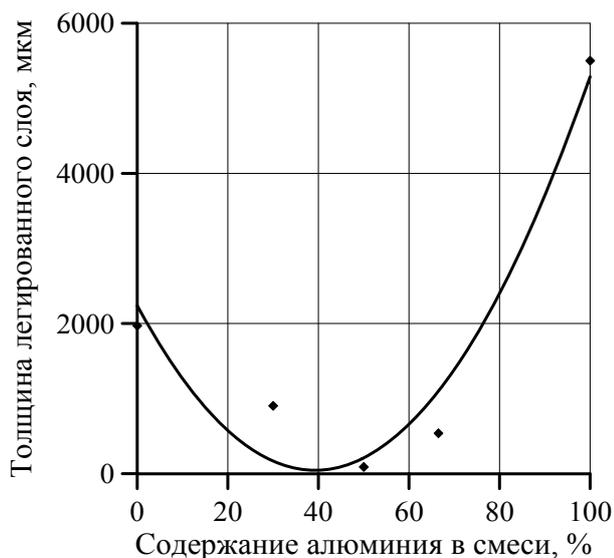


Рис. 1. Влияние алюминия на толщину поверхностно-легированного слоя

Добавки алюминия вызывают образование комплексной пленки, в состав которой входит оксид Al_2O_3 , обладающий меньшей способностью к удерживанию поверхности образца и может периодически отслаиваться от поверхности, давая возможность образовываться новым оксидам алюминия.

Таким образом, легированный слой, полученный при нанесении легирующего покрытия на основе хрома, обладает достаточно высокой окалиностойкостью, но имеет ограниченную толщину. Отливки с таким легированным слоем могут использоваться для работы при температурах до 1000 °С.

Легирующее покрытие на основе порошка алюминия обеспечивает получение легированного слоя достаточной толщины с равномерным распределением легирующего элемента, однако окалиностойкость такого слоя ниже, хотя и остается высокой. Поэтому отливки с таким легированным слоем могут длительно работать лишь при температурах до 900 °С.

Легирующие покрытия на основе хрома и алюминия не обеспечивают получение легированного слоя достаточной для эксплуатации при высоких температурах толщины с равномерным распределением в нем легирующих элементов.

Следовательно, необходимы исследования по влиянию на толщину поверхностно-легированного слоя других соотношений хрома и алюминия, других составов покрытий, фракций исходных материалов, особенности нанесения и толщин легирующих покрытий, температурных режимов заливки и охлаждения.

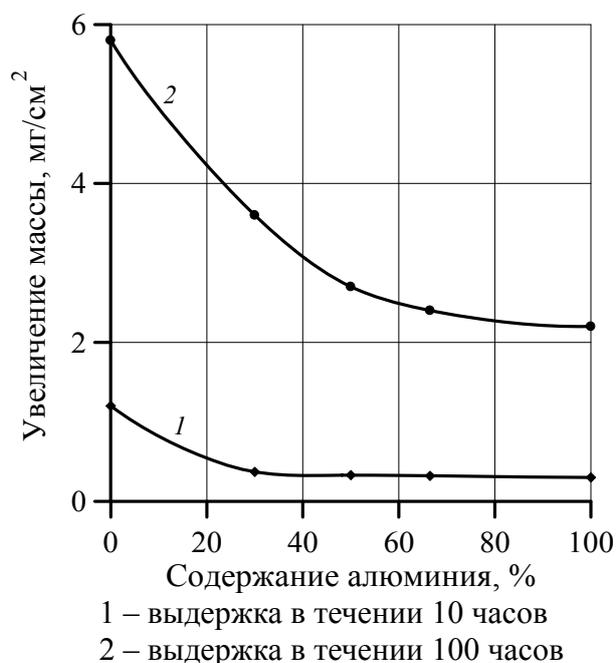


Рис. 2. Изменение окалиностойкости легированного слоя в зависимости от содержания алюминия в легирующем покрытии 1000 °C

их эффективное расплавление. В качестве связующего при этом применяли жидкое стекло $M = 2,5$ плотностью 1480 кг/м^3 , разведенное водой в соотношении 1:1.

После заливки форм при температуре $1560 \text{ }^\circ\text{C}$ получен легированный слой со средней толщиной 260 мкм. Распределение легирующих элементов в легированном слое равномерное, о чем свидетельствует микротвердость слоя на различных расстояниях от границы раздела легированный слой – основной металл. Структура легированного слоя представляет собой легированный хромом и алюминием феррит с плавным уменьшением содержания легирующих элементов к границе раздела.

Однако толщина легирующего слоя недостаточна, по-видимому, из-за низкой для этого легирующего покрытия температуры заливки. Исследования окалиностойкости легированного слоя показали достаточно высокую окалиностойкость образцов.

Окалиностойкость легированного слоя находится на уровне хромоалюминиевых сталей.

Таким образом, применение легирующих покрытий на основе лигатуры хром-алюминий-железо является перспективным для получения легированного слоя, обладающего высокой окалиностойкостью, но требует более высокой температуры перегрева металла перед заливкой в формы. Такой метод может быть использован для получения легированного слоя на отливках, изготавливаемых из сталей, содержащих пониженное количество хрома (18...20%).

Как отмечалось выше, механические смеси порошков алюминия и феррохрома не позволяют получить легированный слой достаточной толщины с равномерно распределенными элементами.

Исследовано влияние легирующего покрытия на основе лигатуры хром-алюминий-железо состава 66% хрома, 15% алюминия, 1% кремния, остальное железо на процесс образования легированного слоя. При этом использовался метод вставок – простановка в форму пластин толщиной 5 мм, изготовленных из лигатуры фракций 0,1 и 0,315 мм в соотношении 1:1.

Выбор гранулометрического состава лигатуры обусловлен стремлением получить легирующее покрытие, имеющее, с одной стороны, размер пор, достаточный для свободного проникновения в них жидкого металла, а с другой стороны, размеры частиц порошка, обеспечивающие