

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

Национальный технический университет Украины „КПИ”, Киев

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ ПОВЕРХНОСТИ

К деталям современных машин и механизмов предъявляются повышенные требования относительно твердости, стойкости против коррозии и эрозии в различных агрессивных средах и др. Большинство таких деталей изготавливают с использованием литых заготовок, то есть отливок. Срок службы отдельных литых деталей в значительной степени определяет надежность машин и их производительность.

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 [1]. Наплавлением на поверхности детали можно получить слой значительной толщины, однако этот процесс трудоемок, дорогой и кроме того на некоторых поверхностях деталей наплавление осуществить практически невозможно.

Анализ эксплуатации значительного количества литых деталей машин и механизмов, работающих в условиях интенсивного износа, высоких температур и агрессивных сред (теплоэнергетика, металлургия, горнообогатительная и химическая отрасли и др.), показывает, что технологии их изготовления с использованием объемного легирования не всегда себя оправдывают, а во многих случаях и вредны, поскольку лишь небольшая толщина таких деталей изнашивается, окисляется или повреждается. Это приводит к неоправданным расходам дорогих высоколегированных сплавов.

Например, анализ показателей расхода металла на единицу произведенной электроэнергии тепловыми электростанциями Украины показывает: ежегодно безвозвратно расходуются тысячи тонн металла литых деталей высокой себестоимости. В этих случаях достаточно было бы обеспечить высокие эксплуатационные характеристики только рабочих поверхностей таких деталей. Для достижения этой цели перспективными могут быть способы производства отливок из нелегированных сплавов на основе железа с поверхностным композиционным или легированным слоем, который образуется во время формирования заготовки в литейной форме.

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

Перспективность получения слоя с нужными свойствами такой толщины на поверхности отливки поверхностным легированием изучена в работе [2].

Поверхностное легирование позволяет получить на поверхностях отливок легированный слой, прочно соединенный с основным металлом и имеющий высокое сопротивление износу или высокотемпературной коррозии. По сравнению с другими способами повышения поверхностной прочности этот процесс обладает определенными преимуществами, а при изготовлении деталей с рабочими поверхностями, которые не поддаются механической обработке, – наиболее эффективен [3].

Очевидно, что для получения на поверхности отливки легированного слоя необходимой толщины, следует учитывать множество факторов: температура заливаемого в форму сплава должна быть достаточно высокой, чтобы происходило расплавление и растворение легирующего покрытия под действием тепла жидкого металла; толщина легирующего покрытия должна определяться температурой его плавления, гранулометрическим составом, свойствами связующего компонента и др.

Кроме того, необходимым условием для образования легированного слоя достаточной толщины, является длительный контакт основного металла в жидком состоянии с легирующим покрытием. Ведущими процессами формирования легированного слоя в этом случае являются расплавление и растворение легирующего покрытия, а также фильтрация основного металла через покрытие. Роль диффузии сводится только к образованию переходной зоны и перераспределению легирующих элементов в локальных объемах.

В зависимости от используемых материалов можно рассматривать два механизма поверхностного легирования литых деталей в форме:

- если температура плавления легирующего покрытия ниже температуры затвердевания основного металла, то образование легированного слоя осуществляется вследствие расплавления покрытия и его перемешивания с основным металлом;

- если температура плавления легирующего покрытия выше температуры плавления основного металла, то легированный слой может формироваться вследствие проникновения основного металла в поры покрытия с последующими диффузионными процессами переноса легирующих элементов из покрытия в основу металла и частичного растворения компонентов покрытия.

Очевидно, что поверхностное легирование отливок целесообразнее осуществлять нанесением на рабочие поверхности форм и стержней легирующих покрытий, температура плавления которых ниже температуры плавления основного металла.

Однако можно использовать и тугоплавкие покрытия, особенно при производстве толстостенных отливок.

В работе поставлены такие задачи:

- изучить влияние разных составов и толщин легирующих покрытий на процессы образования легированного слоя, его толщину и твердость, а также качество поверхности отливок в зависимости от конкретных условий эксплуатации будущей детали;

- определить оптимальные параметры процессов поверхностного легирования: состав и фракцию наполнителя, толщину покрытия, вид связующего

компонента и его количество, способы нанесения покрытия на поверхности форм и стержней.

При изучении процессов жаростойкого поверхностного легирования применительно к условиям эксплуатации жаростойких деталей тепловых электростанций (насадок горелок котлоагрегатов, газовых сопел, мазутных форсунок и др.) и с учетом влияния легирующих элементов на жаростойкость сплавов на основе железа использовали алюминиевый порошок и высокоуглеродный феррохром марок ФХ650А и ФХ800 (которые имеют сравнительно низкую температуру плавления).

Добавка в сплавы на основе железа до 10% Al существенно (в некоторых случаях во много раз) увеличивает окалинотойкость этих сплавов и повышает длительность эксплуатации изделий. Исследованиями влияния алюминия на окалинотойкость железа установлено, что присадка до 2% Al к железу заметно понижает потери сплава на образование окалина, а сплав с 8% Al имеет такое же высокое сопротивление окислению, как и никельхромовый сплав с 80% никеля и 20% хрома [4].

Важной задачей для получения качественных жаростойких покрытий на отливках из сталей есть выбор оптимального соотношения основных компонентов, которые способствовали бы повышению окалинотойкости.

Хром является основным элементом, который входит в состав жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов. Увеличение его содержания в железе смещает начало интенсивного окисления стали в сторону более высоких температур.

Алюминий – элемент, который наиболее эффективно повышает жаростойкость железа и железохромистых сплавов. Имея высокую химическую активность, алюминий интенсивно реагирует с кислородом и образует на поверхности изделия прочную защитную пленку оксидов Al_2O_3 с температурой плавления $2050^{\circ}C$. Высокая скорость диффузии алюминия в феррите и малая проводимость слоя оксида Al_2O_3 (Cr_2O_3 , FeO) обуславливают при вводе в хромистую сталь алюминия значительное снижение скорости образования окалина. В этом случае на поверхности металла формируется окалина из оксидов хрома и алюминия.

Установлено, что алюминий, несмотря на возможное образование пленок оксидов в процессе взаимодействия основы металла, то есть расплава, с материалом покрытия (в литейной форме всегда есть воздух), положительно влияет на образование легированного слоя, толщина которого достигает максимального значения при толщине легирующего покрытия 6 мм (рис.1). Толщина легированного слоя при этом достигает 5 мм. Однако последующее увеличение толщины легирующего покрытия приводит к уменьшению толщины легированного слоя, очевидно, в результате потери со временем температуры металлом основы и резкого снижения теплопроводности образованного легированного алюминием слоя.

Такой же характер изменения толщины легированного слоя и при использовании в качестве легирующего покрытия механической смеси феррохрома и

алюминия. Несмотря на повышение температуры плавления такого покрытия, толщина легированного слоя превышает 4 мм, что в полной мере удовлетворяет

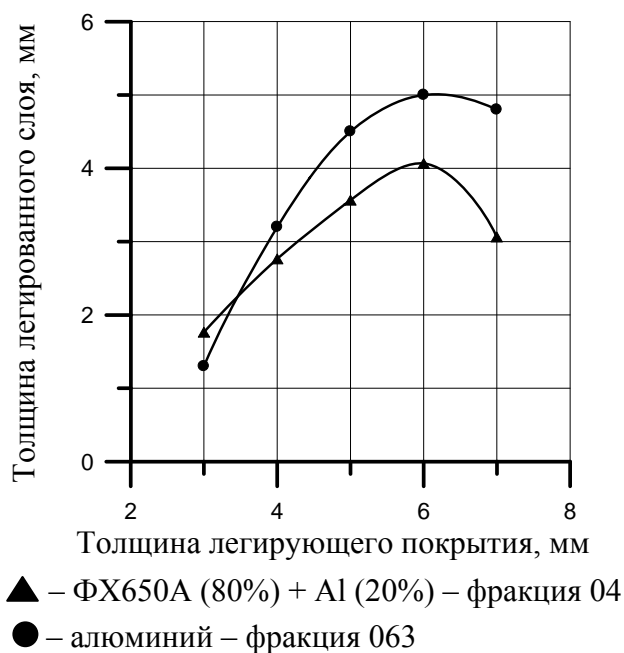
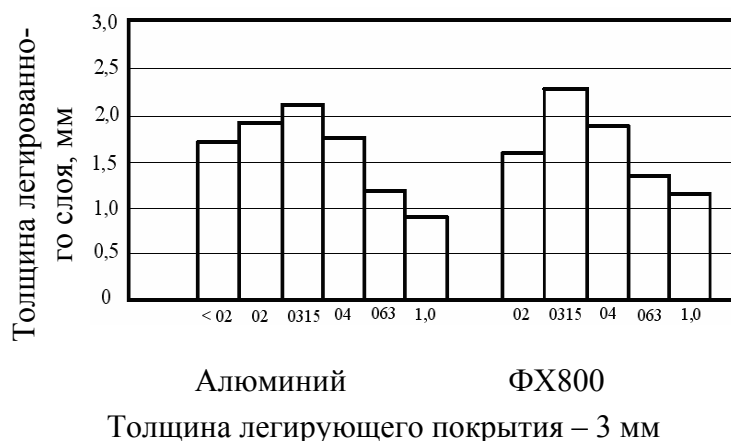


Рис. 1. Изменение толщины легированного слоя в зависимости от толщины легирующего покрытия

Изучено влияние различных факторов на процессы образования легированного слоя на поверхности отливок: толщины легирующего покрытия, гранулометрического состава исходных компонентов, связующих компонентов, температуры металла основы перед заливкой его в формы, восстановительной атмосферы в литейной форме и др.

Толщину легирующего покрытия изменяли от 3 до 7 мм; гранулометрический состав порошков – < 02; 02; 0315; 04; 063; 1,0 (изменение толщины легированного слоя при одинаковой толщине легирующего покрытия представлено на рис.2); в качестве связующего компонента использовали жидкое стекло и технические лигносульфонаты; температуру металла основы варьировали от 1580 до 1630°C; для создания восстановительной атмосферы в литейной форме



использовали углеродсодержащие добавки.

Несколько худшие (до 1,5...2,0 мм) результаты получены при использовании в качестве наполнителя покрытия феррохрома.

Поскольку в опытах использовали порошки фракций 04 и 063, то можно предположить, что в этом случае поверхностное легирование осуществлялось как вследствие частичного расплавления компонентов покрытия, так и вследствие капиллярного проникновения жидкого металла в поры покрытия с последующим растворением его компонентов в металле основы.

использовали углеродсодержащие добавки.

Рис.2. Изменение толщины легированного слоя от гранулометрического состава легирующего покрытия

Исследования влияния алюминия и высокоуглеродистого феррохрома на образование легированного слоя показали,

что несмотря на разные температуры плавления легирующих покрытий на

их основе, лучшие результаты получены при использовании феррохрома. Очевидно это можно объяснить меньшей способностью хрома образовывать оксидные пленки на границе раздела „легирующее покрытие - расплав”, что улучшает непосредственный контакт частичек феррохрома с жидким металлом, вследствие чего эти частички быстрее растворяются и образуют легированный слой большей толщины.

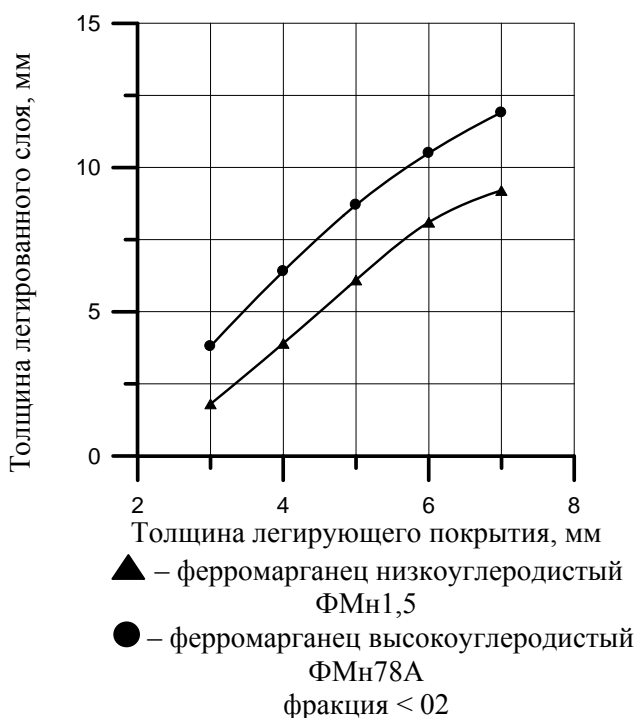
Для достижения на отливках жаростойкого слоя максимальной толщины необходимо использовать алюминий фракции 0315; 04; 063 или механическую смесь: 80% ФХ650А + 20% А1 такого же гранулометрического состава. Толщина легированного слоя при этом достигает 4,5...5,0 мм, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к жаростойким отливкам. Оптимальная толщина легирующего покрытия – 3...5 мм.

Исследования процессов износостойкого поверхностного легирования осуществляли с использованием отдельных ферросплавов, в состав которых входят карбидообразующие элементы (марганец, бор, титан, хром), и их механических смесей.

Изменение толщины легированного слоя в зависимости от толщины легирующего покрытия при использовании разных марок ферромарганца представлено на рис. 3.

Использована мелкодисперсная фракция ($< 0,2$) низкоуглеродистого, ФМн1,5 и высокоуглеродистого, ФМн78А, ферромарганца с приблизительно одинаковым содержанием марганца.

Наилучшие результаты при износостойком поверхностном легировании получены при использовании высокоуглеродистого ферромарганца ФМн78А фракций < 02 ; 02 и 0315, чистого марганца Мн965 – фракций 0315; 04; 063 и механической смеси, мас.ч.: Мн965 – 50; ФХ650А – 6; ФТи30А – 15; ФБ10 – 10; железный порошок ПЖР-3 – 9; электродный бой – 8 фракций < 02 ; 02 и 0315.



Толщина легированного слоя достигает 10...12 мм при толщине легирующего покрытия 4...6 мм. Твердость легированного слоя (без термообработки) в 2,5...2,8 раза выше твердости основы отливки (сталь 35Л).

Рис.3 Изменение толщины легированного слоя в зависимости от толщины легирующего покрытия

В качестве связующего компонента использовали жидкое стекло плотность 1,3 г/см³ и технический лигносульфонат, разбавленный водой в соотношении 1:1 в количестве 3...6% (количество связующего оп-

ределялось гранулометрическим составом наполнителя легирующего покрытия). Лучшим связующим компонентом является жидкое стекло.

Гранулометрический состав легирующего покрытия существенно влияет на толщину легированного слоя и выбирается в зависимости от температуры плавления компонентов покрытия и перегрева металла основы перед заливкой его в форму.

Следовательно для износостойкого поверхностного легирования целесообразно использовать высокоуглеродистый ферромарганец, чистый марганец марки Мн965 или механическую смесь карбидообразующих элементов.

На основании проведенных исследований сформулированы следующие выводы:

– установлена возможность производства литых деталей с дифференцированными свойствами поверхности методами поверхностного легирования;

– в качестве наполнителя легирующего покрытия при жаростойком поверхностном легировании целесообразно использовать механические смеси феррохрома и алюминия в определенных соотношениях, а при износостойком – высокоуглеродистый ферромарганец или механическую смесь, в состав которой входят карбидообразующие элементы;

– перспективным связующим компонентом легирующего покрытия является жидкое стекло.

– толщина легированного слоя на поверхности отливок зависит от толщины легирующего покрытия, температуры его плавления, гранулометрического состава и температуры заливаемого в форму металла.

Литература

1. *Богачев В.М. Грузин В.Г.* Легирование поверхности отливок при за- твердевании Литейное производство, 1957, №5. С. 29...30
2. *Тихий В.Л.* Исследование механизма и разработка технологии процес- сов поверхностного легирования отливок (Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 1975)
3. *Михайлов А.М. Грузин В.Г.* Поверхностное легирование фасонных от- ливок // Литейное производство, 1957, №6. С.18...20
4. *Хромоалюминиевые* стали для изготовления жаростойких деталей теп- лоэнергооборудования. / Лютый В.А., Платонов Е.А., Федоров Г.С., Кузьменко А.Е. Литейное производство. – 2001, № 4. С. 13...15.