

А. Г. Ковальчук, асп. каф.

М. М. Ямшинский, канд. техн. наук, зав. каф., e-mail: yamshinskiy@iff.kpi.ua

Г. Е. Федоров, канд. техн. наук, доц. каф.

Национальный технический университет Украины «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев

Усовершенствование технологических процессов поверхностного легирования заготовок в литейной форме

Анализом эксплуатации литых деталей машин и механизмов, работающих в условиях интенсивного износа, высоких температур и агрессивных сред установлено, что технологии их изготовления с использованием объемного легирования не всегда оправданы, поскольку такие детали изнашиваются на небольшую глубину, окисляются или повреждаются иным образом.

Наилучшими и дешевыми материалами для получения отливок с дифференцированными свойствами поверхности являются порошки ферросплавов и их механические смеси.

Гранулометрический состав таких порошков должен находиться в пределах 0,2–0,4 мм.

В качестве связующего компонента для приготовления покрытия следует использовать жидкое стекло плотностью 1,0 г/см³ в количестве 3–6 % в зависимости от гранулометрического состава порошков.

Технологии поверхностного легирования позволяют получить на поверхности отливки легированный бездефектный слой толщиной до 10–12 мм. Качество легированного слоя соответствует эксплуатационным требованиям к изделиям, которые работают в условиях абразивного или гидроабразивного износа, высоких температур и агрессивных сред.

Ключевые слова: *поверхностное легирование, компонент покрытия, ферромарганец, ферротитан, механические смеси, жидкое стекло, технический лигносульфонат (ЛСТ), износостойкость.*

Кдеталям современных машин и механизмов предъявляют повышенные требования относительно износостойкости, жаростойкости, коррозии и эрозии в различных агрессивных средах. Срок службы отдельных литых деталей в значительной мере определяет надежность машин, их производительность и длительность эксплуатации.

Анализом эксплуатации большого количества литых деталей машин и механизмов, работающих в условиях интенсивного износа, высоких температур и агрессивных сред, установлено, что технологии их изготовления методами литья с использованием объемного легирования далеко не всегда оправдывают себя, а во многих случаях и вредны, поскольку лишь поверхностные слои изделий изнашиваются, превращаются в окалину или повреждаются иным образом. Это приводит к неоправданным расходам дорогих и дефицитных ферросплавов, к усложнению процессов выплавки высоколегированных сплавов. Очевидно, что в этих случаях достаточно было бы обеспечить высокие эксплуатационные характеристики только рабочих поверхностей таких деталей.

Для достижения высоких показателей поверхностной прочности, твердости и износостойкости деталей в машиностроении используют разные виды обработки: термическую, химико-термическую, лазерную и другие, а также применяют электрохимические покрытия и наплавления на поверхности изделий металла со специальными свойствами. Однако многими из этих методов не удается получить слой с нужными свойствами толщиной более 0,3 мм, что явно недостаточно, особенно для длительной эксплуатации деталей. Практикой использования таких

деталей подтверждено, что толщина поверхностного слоя со специальными свойствами должна быть не менее 5–10 мм. Наплавлением можно получить слой такой толщины, но этот процесс очень трудоемкий и дорогой, при этом на некоторых поверхностях деталей наплавление металла вообще осуществить невозможно.

Для реализации проблемы ухода от объемного легирования перспективными могут быть способы производства литых деталей из нелегированных сплавов на основе железа с поверхностным композиционным или легированным слоем, который образуется во время формирования отливки в литейной форме. Проблема может быть также решена изготовлением биметаллических отливок.

К химическому составу, микроструктуре, физическим и механическим свойствам сплавов, используемых для изготовления износостойких или жаростойких деталей, предъявляют особые требования в зависимости от условий их эксплуатации. Для износостойких сплавов обязательным является наличие в структуре значительного количества стойких карбидов в перлитной или мартенситной металлической матрице, максимальная микротвердость структурных составляющих металла, соответствие микроструктуры правилу Шарпи и др. Для жаростойких сплавов главным требованием является четкое установление соотношения основных легирующих элементов, придающих сплавам высокие окислостойкость и термостойкость. В то же время к химическому составу, структуре и механическим свойствам металла основы, которая не контактирует с абразивом или агрессивной высокотемпературной средой, предъявляют

иные требования, например, отсутствие карбидообразующих химических элементов, мягкая пластичная ударостойкая или нежаростойкая перлитная металлическая матрица. Следовательно, исходя из условий эксплуатации, такие детали должны иметь дифференцированные свойства металла в различных частях, в том числе и поверхности. Именно для производства таких деталей могут быть использованы процессы поверхностного легирования или биметаллического литья заготовок.

В работе рассмотрены некоторые актуальные аспекты теоретических и технологических основ процессов поверхностного легирования для производства литых деталей из сплавов на основе железа с дифференцированными свойствами поверхности.

Одним из резервов экономии дорогостоящих легирующих элементов с одновременным повышением эксплуатационных свойств литых заготовок является образование на их поверхности слоя металла, который имел бы ранее запрограммированную структуру и служебные свойства. Формирование такого рабочего слоя осуществляют методами поверхностного легирования с использованием различных обмазок или армированием поверхности отливки вставками из материала, имеющего высокие эксплуатационные свойства [1]. Поверхностное легирование позволяет существенно повысить, например, износостойкость отливок в результате управления процессами структурообразования в поверхностном слое [1, 2].

В зависимости от материалов, применяемых в технологиях изготовления литых заготовок с дифференцированными свойствами поверхности, различают такие способы формирования легированного слоя с использованием:

- ферросплавов заданного химического состава;
- тугоплавких порошкообразных дисперсных материалов (карбидов, нитридов, оксидов);
- чистых металлов или специальных лигатур.

Легирование поверхностного слоя металла литой заготовки осуществляется вследствие взаимодействия предварительно нанесенного на поверхность литейной формы или стержня соответствующего легирующего компонента и заливаемого в форму перегретого расплава. Жидкий металл расплавляет или растворяет легирующий компонент покрытия и образует легированный слой, свойства которого существенно отличаются от свойств заливаемого металла. Таким способом можно получить легированный слой толщиной до 7–12 мм [2–6].

Интенсивность протекания процесса легирования и его эффективность определяются температурами заливаемого в форму металла и расплавления или растворения компонентов легирующего покрытия, а также соотношением толщины стенки отливки и легирующего покрытия.

Чем выше разница температур перегрева основного металла и плавления или растворения покрытия, тем больше покрытие расплавляется или растворяется, тем толще образуется легированный слой с необходимыми специальными свойствами. Чем толще стенка литой заготовки, тем выше тепло-содержание залитого металла в этом месте, тем эф-

фективнее осуществляется процесс поверхностного легирования и тем качественнее и толще образуется легированный слой.

В случае использования легирующих покрытий, температура растворения которых максимально приближается к температуре заливаемого расплава, основными составляющими процесса поверхностного легирования является проникновение расплава в поры покрытия и последующее диффузионное растворение компонентов покрытия с образованием легированного слоя заданных состава и структуры. Интенсивность растворения компонентов легирующего покрытия определяется скоростью проникновения в него расплава капиллярами, размеры которых определяются гранулометрическим составом компонентов легирующего покрытия [7].

Для повышения износостойкости стальных отливок в поверхностный рабочий слой изделия рекомендуют вводить твердые неметаллические включения – кварцит и корунд, однако способ не нашел широкого использования через слабую связь легированного слоя с основным металлом [8, 9].

Возможность изготовления отливок с дифференцированными свойствами металла поверхностным легированием в процессе литья доказана в работах [7–10]. Механизм поверхностного легирования авторы объясняют переходом легирующих элементов из обмазки формы или стержня в поверхностный слой отливки по такой схеме: во время заполнения формы расплавом легирующее покрытие прогревается, затем после наступления контакта с расплавом тонкий его слой расплавляется, а основная его масса только нагревается до высокой температуры. В зависимости от температуры плавления компонентов легирующего покрытия в дальнейшем осуществляются процессы максимального расплавления или растворения. В первом случае процесс образования легированного слоя кратковременный (10–15 с), в другом – достаточно длительный и зависит во многом от толщины стенки отливки и температуры плавления компонентов легирующего покрытия. Толщина легированного слоя при этом зависит от интенсивности и длительности диффузионных процессов на границе раздела «легирующее покрытие – металл основы». Диффузионные процессы эффективны при производстве толстостенных отливок: толщина легированного слоя при этом достигает 10–15 мм. Несмотря на то, что диффузионным процессам при поверхностном легировании отводится важная роль, основным следует считать процесс расплавления компонентов покрытия. Толщина легированного слоя в этом случае зависит от химического состава покрытия и его толщины. Анализируя взаимодействие металла с легирующим покрытием, авторы работ [7, 10, 11] утверждают, что температуру заливаемого в форму расплава в каждом конкретном случае следует выбирать в зависимости от температур плавления компонентов легирующего покрытия. При этом проявляется концентрационная неоднородность в легированном слое, со временем уменьшающаяся вследствие диффузионных процессов. Однако к полному выравниванию концентрации легирующих

элементов диффузия не приводит из-за короткого времени пребывания легированного слоя в жидком состоянии. Равномерная концентрация химических элементов по толщине легированного слоя имеет место в результате механического перемешивания залитого жидкого металла с компонентами покрытия.

Предыдущими исследованиями процессов поверхностного легирования [7] установлена целесообразность использования для получения качественного легированного слоя толщиной до 10–12 мм при производстве литых заготовок отдельных компонентов – ферромарганцев с различным содержанием углерода, высокоуглеродистого феррохрома, алюминиевого порошка и др.

Исследовано влияние гранулометрического состава компонентов легирующего покрытия на толщину и микротвердость легированного слоя. В качестве компонентов покрытия использовано механическую смесь порошков ферросплавов и карбида титана в определенном соотношении на основании проведенных ранее исследований (ФМн78А – 70 %, ФТи30А – 20 %, ФБ – 5 %, ТiС – 5 %). В качестве связующих компонентов использовали жидкое стекло ($M = 2,5$, плотность – $1,4 \text{ г/см}^3$) и технический лигносульфонат. Толщина легирующего покрытия во всех опытах составляла 5 мм. Температуру расплава перед заливкой форм выдерживали на уровне $1630 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Толщина литых образцов составляла 30 мм. В качестве расплава использовали среднеуглеродистую сталь 30Л.

Наилучшие результаты получены при использовании компонентов легирующего покрытия фракций 02 и 0315 мм (рис. 1). Несмотря на то, что покрытие представляет собой холодильник, оно быстро нагревается до температуры жидкого металла. В первом случае процесс поверхностного легирования осуществляется наиболее интенсивно вследствие расплавления покрытия под действием тепла залитого металла, поскольку компоненты покрытия (за исключением карбида титана) имеют меньшую температуру плавления, чем залитый металл. Компоненты покрытия фракции 02 мм вследствие незначительных микрообъемов быстро расплавляются и образуют легированный слой наибольшей толщины. Карбид титана в таком покрытии играет роль упрочняющего компонента легированного слоя.

Во втором случае частицы компонентов легирующего покрытия фракции 0315 имеют большие размеры, поэтому процесс образования легированного слоя осуществляется несколько по-иному. Жидкий металл во время заливки в форму под давлением проникает в поры покрытия и нагревает его до температуры плавления. Тепла металла достаточно для расплавления поверхностного слоя покрытия, в дальнейшем начинают преобладать диффузионные процессы, которые протекают значительно медленнее. Толщина легированного слоя несколько уменьшается, но остается достаточно значительной.

Во время протекания процессов поверхностного легирования существенно изменяется структура металла основы, поскольку в поверхностном слое образуется твердый раствор железа с легирующими

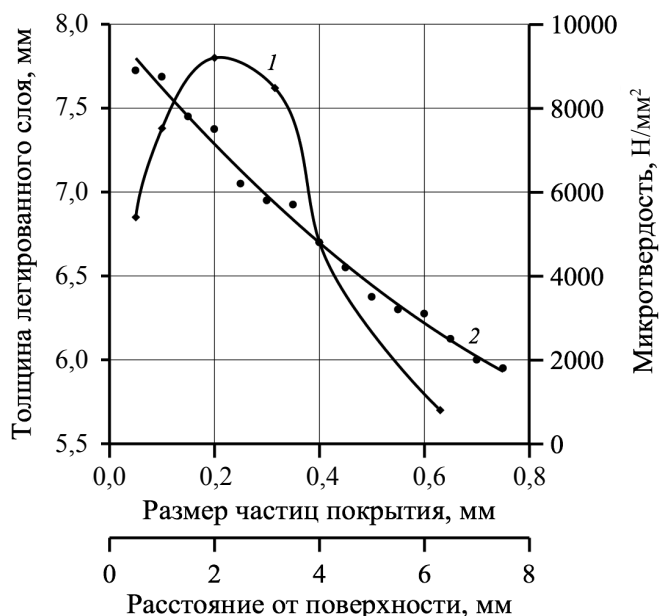


Рис. 1. Изменение толщины (1) легированного слоя в зависимости от гранулометрического состава компонентов легирующего покрытия и его микротвердости (2) по толщине после использования компонентов фракции 02

ми элементами, входящими в состав компонентов покрытия, карбиды марганца, карбонитриды титана, бориды, что существенно повышает микротвердость структурных составляющих и общую твердость рабочего слоя металла.

Металлостатическое давление жидкого металла превышает капиллярное (если угол смачивания больше 90°) и проникает в поры легирующего покрытия. Глубина проникновения расплава до затвердевания основной его массы тем больше, чем больше размер пор в покрытии и давление металла и чем меньше теплоаккумулирующая способность покрытия. Если количество тепла, которое поступает от отливки к легирующему покрытию, превышает количество тепла, которое забирает литейная форма, то часть легирующего покрытия может расплавляться и растворяться и способствовать дальнейшему проникновению жидкого металла в покрытие. Этот процесс будет длиться до тех пор, пока количество тепла, подведенное к границе раздела «легирующее покрытие – основной металл», не станет равным или меньшим, чем количество тепла, которое может отвести форма от этого раздела. Жидкий металл в порах легирующего покрытия начнет взаимодействовать с зернами покрытия и растворять их. В этом случае большая роль в выравнивании химического состава по сечению легированного слоя отводится диффузионным процессам, величине зерна и пористости легирующего покрытия.

Таким образом, в тех случаях, когда для легирующего покрытия используют компоненты, температура плавления которых ниже или выше температуры кристаллизации основного металла отливки, процесс легирования осуществляется либо в результате расплавления покрытия, либо в результате проникновения основного металла в поры легирующего покрытия с последующим его растворением вследствие

протекания диффузионных процессов. В тех случаях, когда необходимо использовать механические смеси на основе компонентов с различной температурой плавления, будут одновременно осуществляться оба процесса. Все зависит от температуры перегрева заливаемого в форму расплава и разницы температур плавления покрытия и основного металла.

Следовательно, для получения качественного легированного слоя необходимой толщины и твердости целесообразно использовать в качестве легирующих покрытий механические смеси с размерами частиц 0,2 и 0,315 мм. Покрытия с размерами частиц 04 и 063 мм целесообразно использовать при производстве литых заготовок с толщиной стенок более 30 мм, при этом следует осуществлять максимально возможное для конкретных производственных условий перегревание металла перед заливкой его в формы.

Исследовано влияние применяемых в качестве связующих компонентов при изготовлении легирующего покрытия жидкого стекла ($M = 2,5$, плотность – $1,4 \text{ г/см}^3$) и технического лигносульфоната (ЛСТ) на толщину и микротвердость легированного слоя. В качестве легирующего покрытия применяли механическую смесь фракции 0,315 мм состава, описанного и исследованного выше. Для улучшения смачиваемости компонентов легирующего покрытия и уменьшения вредного влияния на качество металла, дополнительно ЛСТ разводили водой в соотношении 1:1, а жидкое стекло разбавляли до плотности $1,0 \text{ г/см}^3$ [12]. Другие параметры технологического процесса оставляли без изменения. Результаты исследований показаны на рис. 2 и 3.

Установлено, что применение жидкого стекла в качестве связующего компонента для легирующих покрытий в состоянии поставки нецелесообразно, поскольку толщина легированного слоя при прочих равных условиях – наименьшая (см. рис. 2). Кроме того, продукты термодеструкции жидкого стекла при-

дают легированному слою весьма шероховатую поверхность, а образование стекловидных оболочек вокруг частичек легированного покрытия уменьшает степень их расплавления под действием расплава. Это очень важно для производственных условий, где использовать высокую температуру заливки затруднительно.

Для уменьшения процесса образования стекловидных оболочек вокруг частичек легированного покрытия, улучшения условий их расплавления под действием залитого расплава и увеличения толщины легированного слоя, необходимо разбавлять жидкое стекло водой до плотности $1,0 \text{ г/см}^3$. Как видно из результатов (см. рис. 2), такое решение способствует увеличению толщины легированного слоя до 8 мм, что вполне достаточно для работы деталей в условиях износа.

При применении в качестве связующего технического лигносульфоната важную роль играет процесс газообразования. Образующиеся газы создают на границе раздела «легирующее покрытие – жидкий металл» противодавление и препятствуют проникновению расплава в поры покрытия. Лучшие результаты (максимальная толщина легированного слоя (см. рис. 2) и высокое его качество) получены после разбавления ЛСТ водой в соотношении 1:1.

Таким образом, для получения качественного легированного слоя максимальной толщины, в качестве связующих компонентов легирующего покрытия необходимо использовать разбавленный технический лигносульфонат или жидкое стекло плотностью $1,0 \text{ г/см}^3$.

Однако с учетом качества переходного слоя такая рекомендация требует уточнения. Анализом микроструктур (рис. 4) установлено, что связующий компонент существенно влияет на процессы образования переходного слоя. При использовании жидкого стекла плотностью $1,0 \text{ г/см}^3$ образуется качественный

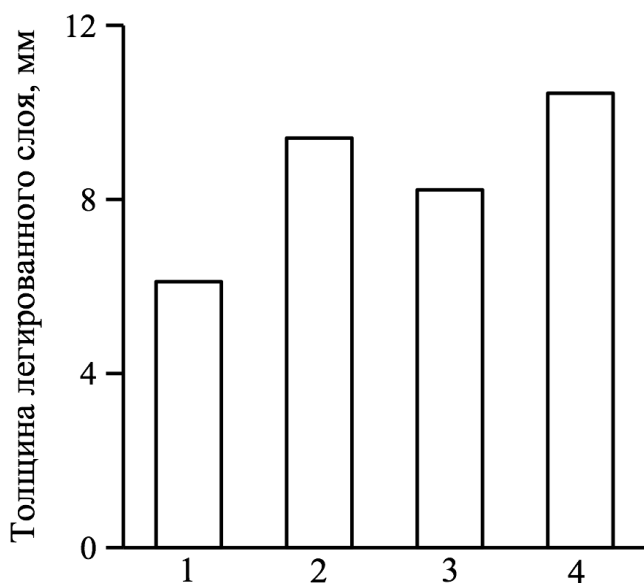


Рис. 2. Изменение толщины легированного слоя в зависимости от типа связующего компонента: 1 – жидкое стекло; 2 – ЛСТ; 3 – разбавленное жидкое стекло; 4 – разбавленный ЛСТ

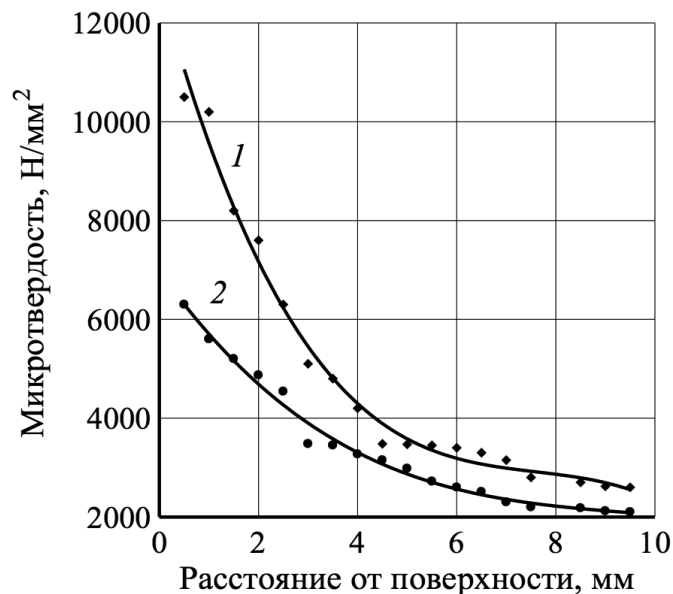


Рис. 3. Изменение микротвердости легированного слоя по толщине в зависимости от типа связующего компонента: 1 – разбавленный ЛСТ; 2 – разбавленное жидкое стекло

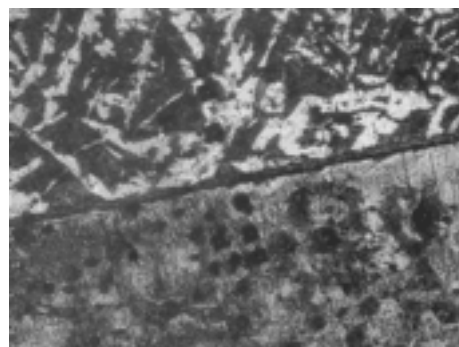
(см. рис. 4, а), чистый от раковин и пор слой, имеющий высокую прочность. При использовании разбавленного технического лигносульфоната, имеющего высокую газотворную способность, переходной слой загрязняется продуктами термодеструкции (образуются газовые раковины и поры) и неметаллическими включениями различной морфологии (рис. 4, б).

Следовательно, в качестве связующего компонента при поверхностном легировании целесообразнее использовать жидкое стекло плотностью 1,0 г/см³.

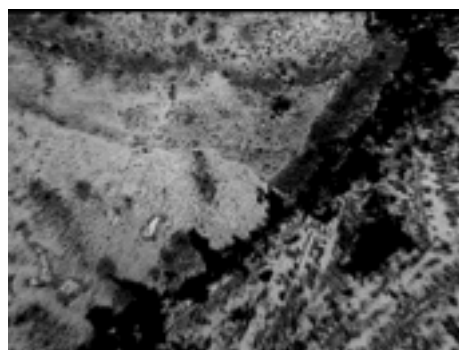
Исследовано целесообразность использования для поверхностного износостойкого легирования механических смесей, состоящих из основных карбидообразующих элементов. Содержание компонентов в смесях приведено в табл. 1, а их расчетный химический состав – в табл. 2. Во всех опытах использовали покрытия толщиной 3 мм, а в качестве связующего компонента – разбавленное жидкое стекло плотностью 1,0 г/см³. Результаты исследования влияния легирующих покрытий на их основе на толщину легированного слоя показаны на рис. 5.

Легирующие покрытия отличаются содержанием марганца, углерода и железа, поэтому температуры плавления их разные: наивысшая – у покрытия 1, наименьшая – у покрытия 4. Этим и объясняются наилучшие результаты после использования легирующего покрытия 4, приготовленного из мелкодисперсных порошков (< 02 и 02 мм). В этих случаях преобладают процессы расплавления и растворения компонентов легирующего покрытия под действием тепла жидкого металла. Неплохими остаются результаты и после использования фракций 0315 и 04. Можно предположить, что в этих случаях осуществляется сначала пропитывание покрытия расплавом с последующим расплавлением и растворением компонентов покрытия.

Глубина легированного слоя зависит, в основном, от начальной глубины проникновения жидкого металла в поры покрытия. Поскольку легирующее покрытие представляет собой мощный холодильник (особенно толщиной 5–7 мм), то глубина проникновения расплава в поры покрытия в значительной мере будет зависеть от температуры заливаемого металла и его жидкотекучести. Поэтому при выборе состава



а



б

Рис. 4. Фрагменты микроструктур поверхностных слоев литых заготовок после использования жидкого стекла (а) и ЛСТ (б) × 400

смесей необходимо руководствоваться, прежде всего, этими факторами.

Таким образом, анализом полученных результатов установлено, что для износостойкого поверхностного легирования можно использовать любую из исследованных смесей. Выбор смеси зависит от необходимой толщины износостойкого слоя на детали и наличия соответствующей фракции ферросплава.

Поскольку наилучшие результаты получены при использовании покрытия 4, теоретический и практический интерес представляют исследования влияния толщины легирующего покрытия разного гранулометрического состава на толщину легированного слоя и влияния толщины легирующего покрытия на твердость легированного слоя, поскольку по изменению твердости с определенной достоверностью можно

Таблица 1

Компоненты для приготовления легирующих покрытий и их количество

Индекс покрытия	Содержание компонентов в механической смеси, мас. ч.					
	Мн965	ФХ650А	ФТи30А	ФБ10	железный порошок	электродный бой
1	35	6	15	5	33	4
2	40	6	15	5	27	5
3	45	6	15	5	21	6
4	50	6	15	10	9	8

Таблица 2

Расчетный химический состав легирующих покрытий

Индекс покрытия	Расчетное содержание химических элементов в покрытии, %					
	марганец	хром	углерод	титан	бор	железо
1	33,8	3,5	4,10	5,3	0,5	52,80
2	38,6	3,5	5,08	5,3	0,5	47,02
3	43,4	3,5	6,06	5,3	0,5	41,22
4	48,3	3,5	8,02	5,3	1,0	33,88

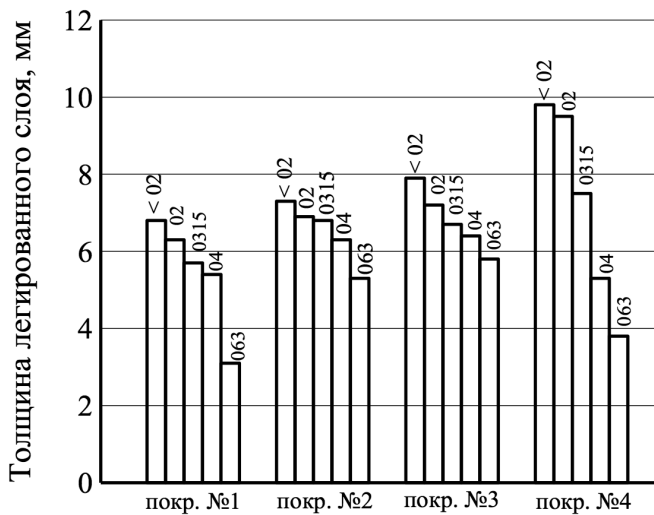


Рис. 5. Влияние легирующих покрытий на основе механических смесей и их гранулометрического состава на толщину легированного слоя

определить толщину легированного слоя вместе с его переходной зоной. Результаты таких исследований показаны на рис. 6 и 7.

Установлено, что увеличение толщины легирующего покрытия способствует росту легированного слоя по тем же зависимостям, что и при использовании отдельных ферросплавов [7].

Однако, вследствие повышения температуры плавления механической смеси, например, в сравнении с ферромарганцем ФМн78А, толщина легированного слоя несколько уменьшается.

Максимальная твердость достигается при использовании покрытия 4 толщиной 4 мм, а для смесей 1, 2 и 3 – 5 мм. Твердость легированного слоя при этом в 2,3–2,5 раза выше твердости основного металла, которая находится на уровне 30–32 HRA. Такую закономерность можно объяснить образованием максимального количества карбидов и твердых растворов легирующих элементов с железом при толщине покрытий до 5 мм. Увеличение толщины покрытия замедляет эти процессы вследствие быстрого охлаждения расплава, но твердость и толщина легированного слоя остаются достаточно высокими.

Выводы

Для получения качественного легированного слоя необходимой толщины и твердости при поверхностном износостойком легировании целесообразно использовать в качестве легирующих покрытий отдельные ферросплавы или механические смеси с размерами частиц 0,2 и 0,315 мм. Покрытия с размерами частиц 04 и 063 мм можно использовать при производстве литых заготовок с толщиной стенок более 30 мм, при этом следует осуществлять максимально возможное для конкретных производственных условий перегревание металла перед заливкой его в формы.

Для получения легированного слоя максимальной толщины, в качестве связующих компонентов легирующего покрытия необходимо использовать жидкое стекло плотностью 1,0 г/см³, что на высоком уровне

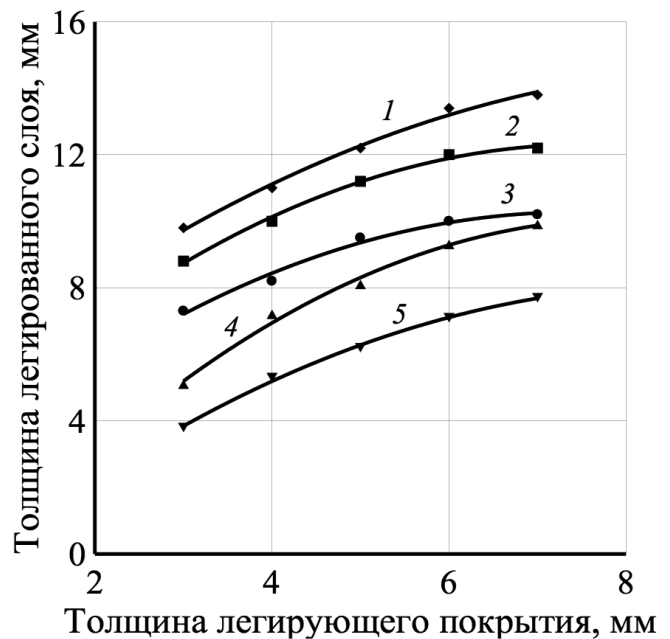


Рис. 6. Изменение толщины легированного слоя в зависимости от толщины легирующего покрытия (покрытие 4): 1 – фракция < 02; 2 – фракция 02; 3 – фракция 0315; 4 – фракция 04; 5 – фракция 063

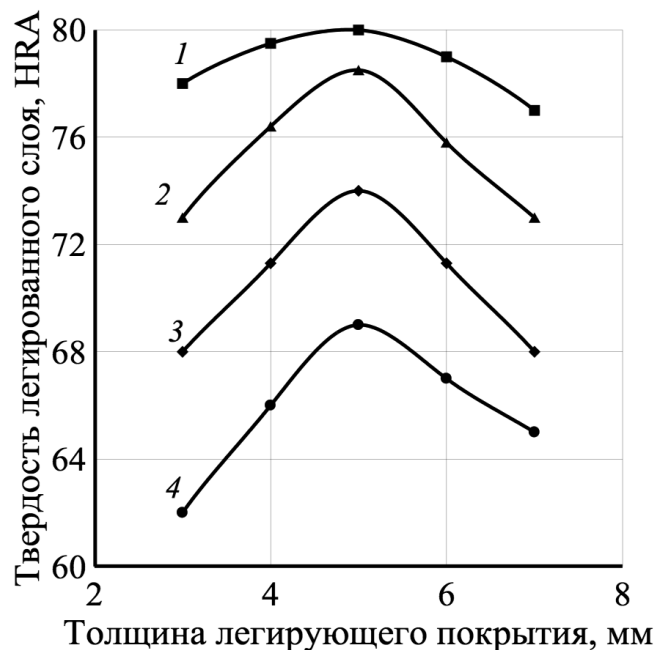


Рис. 7. Влияние толщины легирующего покрытия на твердость легированного слоя: 1 – покрытие 4; 2 – покрытие 3; 3 – покрытие 2; 4 – покрытие 1

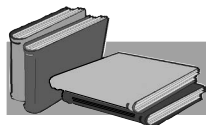
обеспечивает чистоту легированного слоя, или разбавленный водой в соотношении 1:1 технический лигносульфонат. Количество жидкого стекла должно варьироваться в зависимости от фракции компонентов легирующего покрытия в пределах 3–6 %.

Толщину легирующего покрытия и его гранулометрический состав следует выбирать исходя из необходимой толщины износостойкого слоя на реальных деталях, возможности перегревания металла и подогревания форм и стержней перед заливкой их расплавом.

Поверхностное легирование дает возможность существенно сэкономить дорогие и дефицитные ферросплавы, которые используют во время объемного легирования.

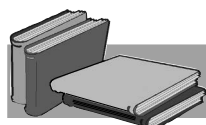
Рекомендованные параметры технологического процесса поверхностного легирования в полной

мере могут быть использованы в производственных условиях для изготовления износостойких литых деталей.



ЛИТЕРАТУРА

1. Оболенцев Ф. Д. Физико-химия и технология композиционного литья. – Одесса: ОПИ, 1984. – 97 с.
2. Борщ В. Г. Получение композиционных отливок с качественной поверхностью при использовании металлокерамических оболочек: автореферат диссертации канд. технических наук. – КПИ, 1981. – 20 с.
3. Богачев В. М., Грузин В. Г. Легирование поверхности отливок при затвердевании // Литейное производство. – 1957. – № 5. – С.29–30.
4. Михайлов А. М., Грузин В. Г. Поверхностное легирование фасонных отливок // Литейное производство. – 1957. – № 6. – С.18–20.
5. Клычков В. В., Фурман Е. Д., Тересков Ю. И. Поверхностное упрочнение деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания // Пути упрочнения изделий. – 1979. – № 2. – С. 153–158.
6. Фруль В. М. Условия образования и свойства износостойкого композиционного слоя // Литейное производство. – 1972. – № 4. – С. 22–24.
7. Ямшинський М. М., Федоров, Г. Є., Платонов Є. О. Сучасні технологічні аспекти виготовлення виливків із диференційованими властивостями поверхні // Наукові вісті Національного технічного університету «КПІ». – 2004. – № 6. – С. 21–26.
8. Мартюшев Н. В. О возможности легирования поверхности отливок нанопорошками // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 122–129.
9. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали / М. А. Гурьев, Д. С. Фильчаков, И. А. Гармаева та ін. // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1. – С. 73–78.
10. Тихий В. Л. Исследование механизма и разработка технологии процессов поверхностного легирования отливок: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – К.: КПИ, 1975. – 21 с.
11. Roberta R. Moreira, Thiago F. Soares, Josimar Ribeiro. Electrochemical Investigation of Corrosion on AISI 316 Stainless Steel and AISI 1010 Carbon Steel: Study of the Behaviour of Imidazole and Benzimidazole as Corrosion Inhibitors // Advances in Chemical Engineering and Science. – 2014. – № 4. – С. 503–514.
12. Ямшинский М. М., Моголатенко В. Г., Власюк И. А., Бурлака Т. В. Исследование связующих компонентов обмазки для поверхностного легирования отливок в форме // Металл и литье Украины. – 2012. – № 9. – С. 17–20.



REFERENCES

1. Obolentsev F. D. (1984). Fiziko-khimiia i tekhnologiiia kompozitsionnogo lit'ia [*Physico-chemistry and technology of composite casting*]. Odessa: OPI, 97 p. [in Russian].
2. Borshch V. G. (1981). Poluchenie kompozitsionnykh otlivok s kachestvennoi poverkhnost'iu pri ispol'zovanii metallokeramicheskikh obolochek [*Production of composite castings with a high-quality surface using cermets*]. Extended abstract of candidate's thesis, KPI, 20 p. [in Russian].
3. Bogachev V. M., Gruzin V. G. (1957). Legirovanie poverkhnosti otlivok pri zatverdevanii [*Alloying of the surface of castings during solidification*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 5, pp. 29-30 [in Russian].
4. Mikhailov A. M., Gruzin V. G. (1957). Poverkhnostnoe legirovanie fasonnykh otlivok [*Surface alloying of shaped castings*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 6, pp. 18–20 [in Russian].
5. Klychkov V. V., Furman E. D., Tereskov Yu. I. (1979). Poverkhnostnoe uprochnenie detalei mashin, rabotaiushchikh v usloviakh abrazivnogo iznashivaniia [*Surface hardening of machine parts working under abrasive wear conditions*]. Puti uprochneniia izdelii, Moscow, no. 2, pp. 153–158 [in Russian].
6. Frul' V. M. (1972). Usloviia obrazovaniia i svoitva iznosostoikogo kompozitsionnogo sloia [*The formation conditions and the properties of the wear-resistant composite layer*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 4, pp. 22–24 [in Russian].
7. Yamshyns'kii M. M., Fedorov G. E., Platonov E. O. (2004). Suchasni tekhnologichni aspekty vyhotovlennia vylivkiv iz diferentsiiiovanyimi vlastivostiami poverkhni [*Modern technological aspects of manufacturing castings with differentiated surface properties*]. Naukovi visti Natsional'noho tekhnichnoho universitetu «KPI», no. 6, pp. 21–26 [in Ukrainian].
8. Martiushev N. V. (2013). O vozmozhnosti legirovaniia poverkhnosti otlivok nanoporoshkami [*On the possibility of alloying the surface of castings with nanopowders*]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia, no. 4, pp. 122–129 [in Russian].
9. Gur'ev M. A., Fil'chakov D. S., Garmaeva I. A. et al. (2012). Tekhnologiiia naneseniia mnogokomponentnykh uprochniiaushchikh pokrytii na stal'nye detali [*Technology of applying multicomponent hardening coatings on steel parts*]. Polzunovskii vestnik, no. 1, pp. 73–78 [in Russian].

10. Tikhii V. L. (1975). Issledovanie mekhanizma i razrabotka tekhnologii protsessov poverkhnostnogo legirovaniia otlivok [Investigation of the mechanism and development of technology for surface alloying of castings]. Candidate's thesis, Kiev: KPI, 21 p. [in Russian].
11. Roberta R. Moreira, Thiago F. Soares, Josimar Ribeiro (2014). [Electrochemical Investigation of Corrosion on AISI 316 Stainless Steel and AISI 1010 Carbon Steel: Study of the Behaviour of Imidazole and Benzimidazole as Corrosion Inhibitors]. Advances in Chemical Engineering and Science, no. 4, pp. 503–514 [in English].
12. Yamshinskii M. M., Mogilatenko V. G., Vlasiuk I. A., Burlaka T. V. (2012). Issledovanie svyazuiushchikh komponentov obmazki dlia poverkhnostnogo legirovaniia otlivok v forme [Investigation of the binding components of the coating for surface alloying of castings in the form]. Metall i lit'e Ukrainy, no. 9, pp. 17–20 [in Russian].

Анотація

Ковальчук О. Г., Ямшинський М. М., Федоров Г. Є.

Удосконалення технологічних процесів поверхневого легування заготовок у ливарній формі

Аналізом експлуатації литих деталей машин і механізмів, які працюють в умовах інтенсивного зносу, високих температур і агресивних середовищ встановлено, що технології їх виготовлення з використанням об'ємного легування не завжди виправдані, оскільки такі деталі зношуються на невелику глибину, окислюються або пошкоджуються іншим чином.

Найкращими і дешевими матеріалами для виготовлення виливків з диференційованими властивостями поверхні є порошки феросплавів та їх механічні суміші.

Гранулометричний склад таких порошоків має знаходитися в межах 0,2–0,4 мм.

В якості сполучного компонента для приготування покриття необхідно використовувати рідке скло щільністю 1,0 г/см³ в кількості 3–6 % залежно від гранулометричного складу порошоків.

Технології поверхневого легування дають можливість одержати на поверхні вилівка легований бездефектний шар товщиною до 10–12 мм. Якість легованого шару відповідає експлуатаційним вимогам до виробів, які працюють в умовах абразивного або гідроабразивного зносу, високих температур і агресивних середовищ.

Ключові слова

Поверхнєве легування, компонент покриття, феромарганець, феротитан, механічні суміші, рідке скло, технічний лігносульфонат (ЛСТ), зносостійкість.

Summary

Koval'chuk A., Yamshinskii M., Fedorov G.

Improvement of technological processes of surface alloying of work pieces in a casting form

Analysis of operation of cast parts of machines and mechanisms that work in the conditions of intense wear indicates that the technologies of their manufacture using bulk doping do not always justify themselves, as small thickness of such parts wears out or is damaged.

The best and cheapest materials to get castings with differentiated surface properties are FeMn and FeTi (ferromanganese, ferrotitanium) powders, as well as their mechanical mixtures.

The grain size of such powders should be within the range of 0.2–0.4 mm.

As an adhesive component for coating, a liquid glass of 1.0 g/cm³ in a quantity of 3–6 % should be used.

Ferromanganese, ferrotitanium and ferrochrome must be used to make wear-resistant parts, which allow to get an alloyed, non-defective layer up to 10–12 mm thick on the surface of the casting. The quality of the alloyed layer corresponds to the operational requirements for products that work in conditions of abrasive or water-abrasive wear, high temperatures, and aggressive media.

Keywords

Surface alloying, adhesive component, ferromanganese, ferrotitanium, mechanical mixtures, liquid glass, technical lignosulfonate (LST), abrasion resistance.

Поступила 14.09.17