

очевидно зависит от содержания хрома в твердом растворе, из которого он переходит на поверхность металла, образуя там защитную оксидную пленку. При выделении большого количества карбидов хрома в слое коррозионные потери несколько возрастают, что связано с уменьшением содержания хрома в твердом растворе и развитием коррозии по границам раздела фаз.

Таким образом, электронно-лучевой вневакуумной наплавкой на низкоуглеродистую сталь Ст3 порошковой смеси карбида хрома с хромом и карбидом титана получены бифункциональные покрытия с высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью, приближающейся к коррозионной стойкости нержавеющей стали.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ МЕДЬЮ ПОСЛЕ ГРАФИТИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА

К.И. ЭМУРЛАЕВ, Н.В. СТЕПАНОВА, Т.А. ЗИМОГЛЯДОВА, Ю.Ю. РЯПОЛОВА

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: stepanova@corp.nstu.ru

Одно из требований, предъявляемых к материалам, которые используются для изготовления втулок, входящих в пару скольжения, связано с необходимостью обеспечения твердости на уровне, не превышающем твердость вала. Выполнение этого требования предполагает устранение в материале втулки крупных карбидных частиц. Такой подход позволяет снизить износ вала, стоимость которого, как правило, выше чем сопряженной с ним втулки. Техническим решением, позволяющим избавиться от кристаллов первичного цементита и снизить твердость чугуна, является графитизирующий отжиг. Целью данной работы является исследование влияния графитизирующего отжига на чугуны, легированные медью.

Для проведения исследований методом литья в песчано-глинистые формы были получены четыре отливки чугуна, легированного медью (от 0,08 до 14,7 мас. % *Cu*) и алюминием (0,9 мас. % *Al*). Термическая обработка легированных медью чугунов была проведена при температуре 1000 °С в течение 2 часов с охлаждением образцов до 300° С вместе с печью и окончательным охлаждением на воздухе.

Для проведения структурных исследований был использован микроскоп Carl Zeiss Axio Observer A1m и растровый электронный микроскоп Carl Zeiss EVO 50 XVP. Твердость материалов определяли по методу Бринелля. Для определения относительной износостойкости чугунов, легированных медью в качестве эталона использовалась бронза (9 мас. % *Al*, 3 мас. % *Fe*, ост. *Cu*).

В литой структуре чугуна с повышением содержания меди форма графита постепенно изменяется с пластинчатой на вермикулярную (рисунок 1 а, в). При содержании меди в чугуне 14,7 % весь графит располагается в междендритном пространстве.

После термической обработки серых чугунов заметно незначительное увеличение толщины графитовых пластинок. В чугуне, не содержащем меди вокруг пластинок графита, в процессе отжига выделяются новые графитовые включения, имеющие малый размер, порой не превышающий нескольких микрометров (рисунок 1 а, б). Поскольку в чугунах, легированных медью, графит имеет вермикулярную форму, и при высоком содержании меди располагается в междендритном пространстве то за счет увеличения толщины графитовых пластинок происходит их соединение (рисунок 1 в, г).

В структуре металлической основы после отжига увеличивается объемная доля феррита до ~ 5 %. При содержании меди 6,57 % после отжига зерен феррита практически нет (не более ~ 3...5 %), но присутствуют колонии глобулярного перлита. При повышении

содержания меди до 14,7 % объемная доля глобулярного перлита увеличивается, объемная доля зерен феррита не превышает ~ 3 % (рисунок 2).

В чугунах с содержанием меди до 6,57 % крупных включений меди не было замечено. В то время как в образце, содержащем 14,7 % меди, замечены медные включения шаровидной формы, равномерно распределенные по плоскости шлифа. Была определена объемная доля медных включений в структуре чугуна, которая составила 3,27 %. В исследованиях, проводимых ранее [1], приведена классификация частиц фазы на основе меди в зависимости от температуры и условий их образования. Частицы могут иметь размеры от нескольких нанометров до нескольких десятков микрометров. Температура, при которой проводился графитизирующий отжиг, близка к температуре плавления фазы на основе меди. Благодаря этому внешние границы некоторых крупных включений имеют нечеткие очертания. Вероятно, причиной этого послужило частичное оплавление включений и увеличившаяся скорость диффузии меди (рисунок 1 г).

С повышением содержания меди от 0,08 до 14,7 % твердость возрастает с 241 до 302 НВ. После проведения графитизирующего отжига заметно снижение твердости чугунов, как легированных медью, так и не легированных. С повышением содержания меди твердость чугуна увеличивается от 130 НВ при 0,08 % меди до 150 НВ при 14,7 % меди.

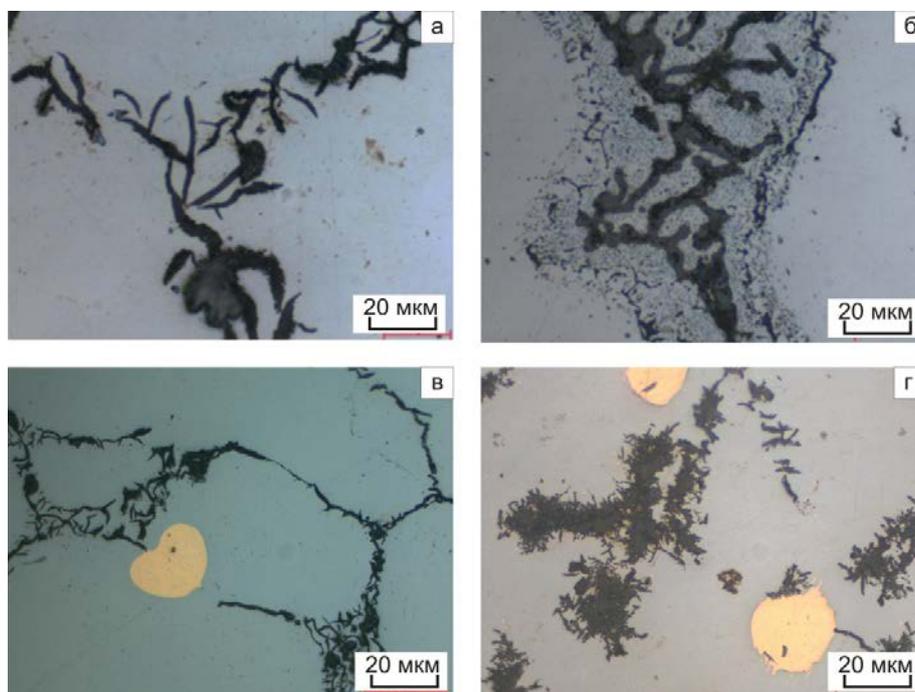


Рисунок 1 - Структура наплавленного слоя возле поверхности (а, б) и возле основного материала (в, г)

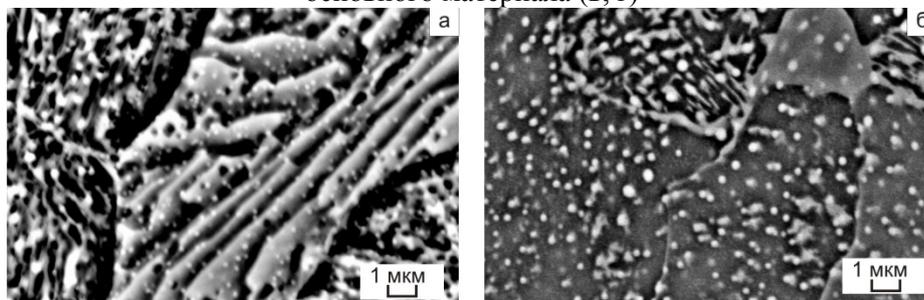


Рисунок 2 - Структура наплавленного слоя возле поверхности (а, б) и возле основного материала (в, г)

При исследовании износа о закреплённые частицы абразива в качестве эталона для сравнения использовалась бронза БрА9Ж3Л. Относительная износостойкость литого чугуна не легированного медью в 2 раза выше износостойкости бронзы БрА9Ж3Л, при этом возрастает с повышением содержания меди до 14,7 % в 3,6 раза. Износостойкость чугуна после графитизирующего отпуска сохраняется на уровне БрА9Ж3Л. Содержание меди от 0,08 до 14,7 % влияния на относительную износостойкость не оказывает.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-19-00230).

Список литературы

1. Stepanova, N. V. Structure and mechanical Properties of Cu–alloyed cast iron / N. V. Stepanova, A. A. Razumakov, E. A. Lozhkina // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 682. – P. 178 – 182.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИ РЕАГИРУЮЩИХ ПОРОШКОВ

ЯН СЯО, Б.С. ЗЕНИН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
E-mail: royyang330@outlook.com

Метод «холодного» газодинамического напыления (ХГН) позволяет решить важную проблему получения высокой адгезии покрытия в отличие от газотермического напыления (ГТН) принципиально иным путем, используя в качестве основной не тепловую, а кинетическую энергию напыляемых частиц, ускоряемых «холодным» газом, и при этом нивелировать негативные высокотемпературные эффекты [1]. Сущностью технологии ХГН является то, что покрытия формируются из нерасплавленных частиц размером (50 - 0,01) мкм, ускоряемых в сверхзвуковых аэродинамических установках до скорости 1000 м/с и более, при температуре рабочего газа существенно ниже температуры плавления материала частиц [2]. В настоящее время для получения покрытий используется широкий круг материалов, среди которых отличаются особым поведением экзотермически реагирующие порошки [3].

В работе проводится сравнительный анализ энергетических условий в контакте при взаимодействии термонеutralных и экзотермически реагирующих напыляемых порошков с подложкой при ХГН и ГТН. Для исследования в работе рассматривались порошки системы Ni – Ti. Проведен сравнительный анализ энергетических условий в контакте при взаимодействии термонеutralных Ni, Ti и экзотермически реагирующих (Ni₇₅Ti₂₅, Ni₅₀Ti₅₀ и Ni₂₅Ti₇₅) напыляемых порошков с подложкой при ХГН и ГТН. Частицы из данных материалов напыляются на подложку из Ст20. Начальная температура подложки T_s = 300К, скорость частиц варьировалась в широких пределах от 100 до 1000 м/с. При ГТН напыляемые частицы нагреты до температуры плавления T_{po} = T_m, а при ХГН их температура ненамного выше комнатной температуры. Проведен расчет значений температуры в контакте для двух видов напыления ГТН и ХГН при разных скоростях частицы с учетом особенностей ее поведения. Значения теплофизических характеристик для материала подложки соответствуют комнатной температуре, а для разогретой частицы - температуре плавления. Рассмотрим влияние скорости на значения температуры в контакте.

а) В первом случае скорость частицы, нагретой до T_{po}, низкая, то есть кинетическая энергия, которая переходит в тепловую энергию небольшая, поэтому можно считать, что