

НАСЫЩЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЧАСТИЦАМИ ГРАФИТА

*Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь*

На Минском моторном заводе для изготовления подшипников скольжения используется композиционный материал на основе сплава Al-Cu-Mg-Si с добавлением графита /1/. Чтобы получить этот композиционный материал в матричный расплав вводится лигатура, приготовленная из порошка алюминия и графита. Процесс приготовления лигатуры включает в себя смешивание порошков, их брикетирование, экструдирование и выдавливание порционных заготовок /2/. Так как содержание графита в композиционном материале не превышает 1-3 мас.%, то достаточно трудно добиться равномерного распределения включений графита по объему материала. Для этого используются различные методы, порой самые неординарные. В данной работе представлены результаты использования для данных целей вакуумного электродугового метода нанесения графитовых покрытий на стружечные алюминиевые материалы.

Вакуумный электродуговой метод (метод КИБ) /3/, входящий в группу ионно-плазменных методов нанесения покрытий, благодаря своим свойствам и достоинствам получил широкое распространение в последние два десятилетия. Это обусловлено тем, что основным инструментом нанесения покрытий в данном методе, является плазма вакуумной дуги, возбуждаемая (зажигаемая) в вакууме между проводящими катодом и анодом. Роль последнего, обычно выполняют стенки вакуумной камеры. При этом покрытие на подложке формируется в основном потоком положительных ионов, источником которого является катодное пятно вакуумной дуги.

Классическая картина /4-10/ основных физических процессов, происходящих в катодном пятне вакуумной дуги металлов, когда между катодом и анодом создана некоторая разность электрического потенциала U и существует вакуумная дуга, включает в себя испарение с поверхности катода атомов металла и термоавтоэлектронную эмиссию электронов с той же поверхности. Дальше происходит разлет испарившихся атомов (расширение металлического пара) и ускорение эмитируемых электронов в электрическом поле U , примыкающем к поверхности катода, где имеет место катодное падение потенциала U_k вакуумной дуги. Для вакуумной дуги характерно, что $U \sim U_k$. При ускорении в электрическом поле U_k электроны на некотором расстоянии от поверхности эмиссии начинают эффективно ионизировать испарившиеся атомы и образуется плазменное облако со степенью ионизации 0,5-0,95 /4, 6/. Большая часть образовавшихся положительных ионов /11/ под действием поля U_k возвращается на поверхность катода в катодном пятне, разогревая ее до температур, близких к температуре кипения металла катода и создавая давления, достигающие значений десятков атмосфер, что приводит к появлению микрокапель металла. Меньшая часть ионов распространяется в объем вакуумной камеры, приобретая за счет газодинамического ускорения энергии порядка 20-120 эВ /5, 8, 13/, что значительно превышает величину U_k . Из сказанного следует, что поток ионов, формирующий покрытие на подложке, определяется той частью ионов, которые распространяются в объем вакуумной камеры, а также потоком микрокапель, если его специально не удалять.

Несколько иная картина физических процессов происходит в катодном пятне графита. Так как графит не плавится, то идет не испарение атомов углерода, а их сублимация с поверхности катода в катодном пятне. Из-за сильной анизотропии свойств графита катодное пятно на его поверхности является источником не микрокапель, а микрочастиц графита. Обычно размер этих микрочастиц расположен в интервале 0,01-10 мкм. При этом масса испускаемых пятном микрочастиц в 2-7 раз превосходит массу потока ионов, формирующих покрытие. Это приводит к тому, что при получении алмазоподобного покрытия методом КИБ весьма затруднительно избавиться от такого мощного потока микрочастиц графита.

Еще необходимо отметить, что катодное пятно на поверхности катода из графита, в отличие от металлов и сплавов, практически не перемещается по ней. Вследствие этого и быстрого уноса графита в виде микрочастиц, на поверхности графитового катода образуются углубления и каверны, которые резко ухудшают условия горения дуги и приводят к нестабильности всего про-

цесса нанесения графитовых покрытий. Все это приходится учитывать при разработке конкретной технологии нанесения углеродных покрытий.

Итак, катодное пятно вакуумной дуги графита является мощным источником микрочастиц графита и потоком ионов углерода. Этот комплексный источник был нами использован для нанесения графитовых покрытий на стружечный материал системы Al-Cu-Mg-Si. Результаты экспериментальных исследований показывают, что это позволяет достаточно легко равномерно распределить включения по объему получаемого композиционного материала и с точностью до 0,1 мас.% регулировать содержание графита в материале. В целом, такой метод получения композиций алюминиевый сплав-графит экономически целесообразен при содержании графита не более 5 мас.%.

Таким образом, проведенные исследования дали возможность разработать основы технологии качественного введения добавок графита в композиционные антифрикционные материалы на основе алюминиевых сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 643РБ МКИ С 22 С 1/03, С 22 С 21/00, В 22 F 1/00 Композиционный материал и способ его получения /А. Т. Волочко, О. Е. Жданович, А. П. Ласковнев и др. Заявл. 09.12.1992. Опубл. 30.06.95.
2. Овчинников В. В., Ласковнев А. П., Волочко А. Т., Макарова Ж. Е. //Литье и металлургия. 2000. №1. С.45-46.
3. Мрочек Ж. А., Эйзнер Б. А., Марков Г. В. Основы технологии формирования многокомпонентных вакуумных электродуговых покрытий. Мн: Наука и техника, 1991. –95с.
4. Вакуумные дуги /Под ред. Дж. Лафферти. М.: Наука, 1982. –345с.
5. Любимов Г. А., Раховский //Успехи физических наук. 1978. Т.125, №4. С. 665-706.
6. Раховский В. И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. М.: Наука, 1970. –536с.
7. Бейлис И. И., Зекцер М. П., Любимов Г. А. //Журнал технической физики. 1988. Т.58, №10. С.1861-1870.
8. Handbook of Vacuum Arc: Science and Technology /Edited by R. L. Voxman, D. R. Sanders, and Ph. J. Martin. New Jersey, 1995. –765p.
9. Кессаев И. Г. Катодные процессы электрической дуги. М.: Наука, 1968. –235с.
10. Месяц Г. А. Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга. М.: Наука, 2000. –424с.
11. Немчинский В. А. //Журнал технической физики. 1982. Т.52, №9. С.1748-1755.
12. Немчинский В. А. //Журнал технической физики. 1985. Т.55, №1. С.60-66.
13. Мойжес Б. Я., Немчинский В. А. //Журнал технической физики. 1982. Т.52, №4. С.684-689.

УДК 669.13 : 629.113.3

Ласковнев А.П., Покровский А.И., Хроль И.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ЧУГУНА ПОСЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»
Минск, Беларусь*

Введение. Возникший в течение последних десятков лет интерес к деформированному чугуно вызван рядом причин: 1) за счет деформации изделию придается форма с минимальными припусками для механической обработки (до сотых долей мм); 2) у деформированного чугуна спектр получаемых структур, а значит и возможности управления механическими и эксплуатационными свойствами, гораздо шире, чем у литого чугуна (например, графит приобретает необычную волокнистую форму, а предел прочности при растяжении может достигать 1200-1400 МПа); 3) деформация позволяет регулировать структуру, как во всем объеме заготовки, так и определенной ее части.

Существующие проблемы в исследованиях: 1) Физические причины и природа упрочнения чугуна до сих пор полностью не выяснены, 2) Роль структурных факторов в упрочнении неоднозначна, 3) Технологическая направленность исследований опережает фундаментальные знания.

В рамках решения указанных проблем в ФТИ НАН Беларуси (г. Минск) ведутся исследования природы упрочнения чугунов после воздействия горячей пластической деформации.

Цель данной работы сравнительные исследования микроструктуры и электросопротивления чугуна в литом и деформированном состоянии.