

1426...1450 °С проведено 49,1% плавок и 1451...1475 °С – 38,18%. При этом  $\Delta T_p$  изменялась от 75...123 °С. В указанных температурных интервалах четко проявилась тенденция увеличения твердости по всей глубине рабочего слоя от 10 до 30 мм. Основное количество валков имели на одинаковом расстоянии от поверхности близкую твердость.

При повышенных перегревах  $\Delta T_p = 120...123$  °С, соответственно резко возрастает твердость рабочего слоя на глубине 10...20 мм.

#### Список литературы

1. Гиршович Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. – М.: Машиностроение, 1966.- 534 с.
2. Бунин К. П., Таран Ю. Н. Строение чугуна. – М.: Металлургия, 1972. – 160 с.

УДК 621.74: 669.14.018.44

*Л. А. Матвеева\**, *В. В. Лашнева\*\**, *И. И. Максютя*, *Ю. Г. Квасницкая*,  
\*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины,  
Киев,

\*\* Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН  
Украины, Киев,

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев

### НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЕ ФУЛЛЕРЕНОВОЕ ПОКРЫТИЕ НА ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВАХ

Практическое применение различных устройств с использованием фуллеренов в науке и технике постоянно расширяется. Так, фуллереновое (углерод С60) покрытие стали приводит к ее рекордному упрочнению, повышению износо- и термостойкости, что крайне важно, например, при производстве лопаток турбин авиационных двигателей и вертолетных лопастей.

В настоящей работе представлены результаты исследования физико-химических характеристик фуллеренового покрытия на промышленных жаропрочных сплавах марок ЧС 88 - ВИ (Ni 57,6 %; Cr 15,6 %; Co 10,7; Mo 1,9 %; C 0,09; Fe 0,5 %; Al 3 %; B 0,005 %; Ti 4,6 %; W 5,3 %; Nb 0,11%) и ЧС 88 У - ВИ (Ni 57,0 %; Cr 15,9 %; Co 11,0; Mo 1,9 %; C 0,06; Fe 0,5 %; Al 3,05 %; B 0,08 %; Ti 4,6 %; W 5,3 %; Zr 0,5 %, Nb 0,20 %) и его влияние на износостойкость этих сплавов. Данные сплавы широко используются на украинских предприятиях газотурбостроения, таких, как ГП НПКГ «Зоря»

- «Машпроект» (г. Николаев) и ОАО «Мотор Сич» (г. Запорожье) при изготовлении лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) для судостроения и авиации. Эти детали в течение длительного времени работают в условиях повышенных механических нагрузок в агрессивной атмосфере, содержащей соли морской воды и продукты сгорания дизельного топлива. Наиболее эффективным способом защиты и рабочих и сопловых лопаток является нанесение износостойких, а также коррозионно- и эррозионноустойких покрытий.

Ранее авторами была показана перспективность применения фуллеренового С60 покрытия в травматологии и ортопедии, в частности, при эндопротезировании тазобедренных суставов. Так, износостойкость компонентов в узле подвижности (паре трения) эндопротеза «высокоплотный полиэтилен Chirulen - сплав титана ВТ6» с применением фуллеренового покрытия С60 примерно на порядок превышает износостойкость в паре трения тех же компонентов без покрытия, что значительно повышает срок эксплуатации эндопротеза [1].

#### Результаты и обсуждение

Фуллереновое покрытие на подложки из исследуемых сплавов наносили в вакууме методом термического испарения порошка С60 из эффузионной танталовой ячейки. Испарение проводили при температуре 450 °С. Для уменьшения внутренних механических напряжений в системе «покрытие С60 – сплав» подложки не подогревали. Толщину покрытия определяли на интерферометре МИИ-4 и из профилограмм. Она составляла 1,2 мкм. Покрытие сплошное, однородное. Прочность сцепления с подложкой составляла 0,8 ГПа. Контроль состава покрытия осуществляли методом комбинационного рассеяния света и Фурье ИК-спектроскопии. Испытания на износ проводили на воздухе с помощью машины трения МТ-68 по методике «вал - вкладыш» при ступенчатом повышении нагрузки (Р). В качестве контртел использовали алмаз и нержавеющей сталь 65 Г, применяемую в машиностроении. Такая схема трения при однонаправленном вращательном движении позволяет реализовывать знакопеременное нагружение поверхностного слоя образца за счет разницы размеров контактирующих поверхностей. Условия испытаний: нагрузка ступенчатая - Р1= 5 МПа; Р2=7,5 МПа; Р3=10 МПа; скорость скольжения - 0,2 м/с; продолжительность испытаний – 10 мин. Все испытания проводили без смазочного материала. Размеры исследуемых образцов: высота 12-12,2 мм, площадь сечения –64 мм2. Исходная шероховатость Ra поверхности трения составляла 0,02 мкм.

Количественно износ исследуемых сплавов рассчитывали по уменьшению массы образцов ( $\Delta m$ , г) при трении путем измерения их массы до и после испытаний с помощью весов типа ВЛР-200 с точностью до 0,00001г. Определяли также коэффициент трения ( $\mu$ ) сплавов.

Из проведенных исследований следует, что при всех нагрузках износ сплавов в паре трения с алмазом выше, а износостойкость ниже, чем в паре трения с нержавеющей сталью 65 Г. При этом более высоким значением износа (меньшей износостойкостью) характеризуется сплав ЧС 88У-ВИ. С повышением нагрузки износ материалов растет, износостойкость падает. Наблюдаемое уменьшение износа на сплаве ЧС 88-ВИ при нагрузке 10 МПа как с алмазным контртелом, так и со сталью 65 Г, вероятно, связано с налипанием продуктов износа на поверхность образца. Коэффициенты трения обоих сплавов одного порядка и несколько снижаются с увеличением нагрузки, что обусловлено нагревом образцов при трении.

#### Выводы

Наноструктурированное фуллереновое С60 покрытие на жаропрочных сплавах может играть роль защитной пленки от коррозии, влияние которой на свойства этих сплавов требует дальнейших исследований.

УДК 627.771:07

*М. О. Матвеева, А. А. Макарова, Б. В. Климович*

*Национальная металлургическая академия Украины, Днепрпетровск*

### ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ МАРГАНЦЕМ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ

Чугун широко распространенный в промышленности литейный материал. Его относительно небольшая цена, хорошая жидкотекучесть, малая усадка, способность образовывать различные структуры и свойства в зависимости от состава и условий затвердевания – делают чугун материалом, постоянно востребованным, прогрессивным и пригодным для производства самых разнообразных изделий.

Состав, количество, форма и распределение высокоуглеродистой фазы во многом определяют свойства отливок из чугуна. Эти характеристики возможно регулировать введением в состав чугуна марганца. Влияние марганца и серы на первичную структуру чугуна целесообразно рассматривать совместно. Являясь обычными примесями чугуна, они нейтрализуют друг друга путем образования тугоплавких сульфидов марганца. На структуру и свойства чугуна главным образом влияет избыток одного или другого элемента сверх соотношения определяющего наиболее полную нейтрализацию. Марганец увеличивает отбеливаемость чугуна и расширяет температурную область образования половинчатых структур.

Объектом исследования в настоящей работе были чугуны, легированные марганцем в количестве от 1,4 до 3,10 % и процессы структурообразования

в них.

Анализ данных по влиянию марганца на количество графита (Г) показывает, что при малом содержании марганца (1,40 %) количество Г составило 3,0 %, очевидно весь марганец израсходовался на нейтрализацию серы. Но уже при содержании марганца 1,86 % количество графита было максимальным и составило 9,0 % (рис. 1). Участки с графитом неравномерно распределялись по объему слитка, концентрируясь в основном в нижней части отливки, которая охлаждалась более медленно. Включения графита имели пластинчатую завихренную форму иногда гнездообразную (ПГф2 и ПГф4).

С повышением содержания марганца от 1,86 до 2,70 % количество графита резко уменьшается с 9,00 % до 0,12 %, а при 3,1 % марганца чугун становится полностью белым. При этом значительно увеличивалась доля междендритного графита, хотя в отдельных участках сохранялось неравномерное распределение графита пластинчатой завихренной формы.

Повышение содержания марганца в чугуне, по-видимому, способствует его переохлаждению, что приводит к изменению формы и величины включений графита от пластинчатой к междендритной, а затем и к образованию цементитной эвтектики.

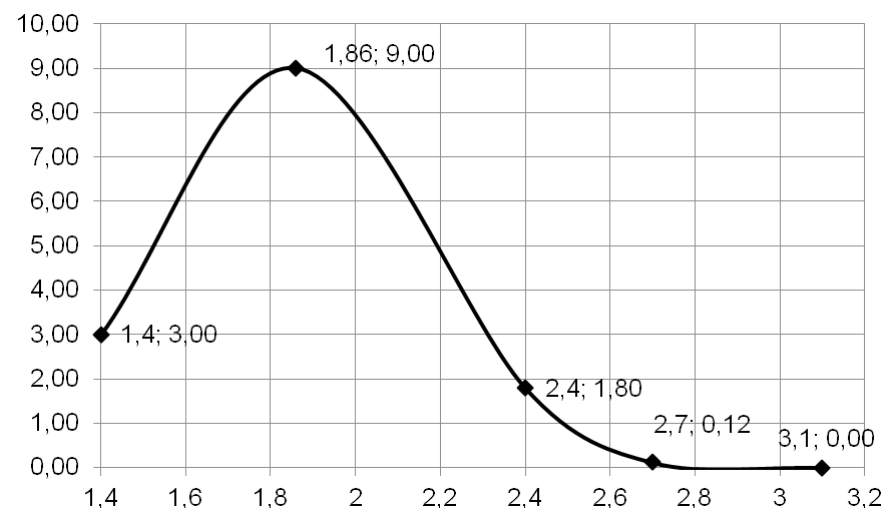


Рис.1 – Влияние марганца на количество графиты в опытных чугунах

#### Выводы

Марганец влияет на строение колоний графито-аустенитной эвтектики.