

## О ВЛИЯНИИ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ КАРБИДОВ НА СТРУКТУРУ ЦЕНТРОБЕЖНО-ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

А.Н. Аникеев, В.И. Чуманов, Н.Т. Карева, А.А. Окулов

## ABOUT INFLUENCE OF DISPERSE PARTICLES OF CARBIDES ON STRUCTURE OF CENTRIFUGAL-CAST BILLETS

A.N. Anikeev, V.I. Chumanov, N.T. Kareva, A.A. Okulov

Дисперсные частицы карбидов, введенные в металлический материал на стадии разливки, способны значительно влиять на свойства получаемого материала посредством изменения его микроструктуры. Приведены результаты исследований влияния дисперсных частиц карбидов на структуру центробежно-литых заготовок.

*Ключевые слова:* дисперсные частицы, центробежное литье, распределение карбидов, структурные составляющие.

Disperse particles of carbides, entered into a metal material on the stage of casting are capable to influence significantly the properties of a received material by means of variation of its microstructure. The paper presents the results of research of influence of disperse carbide particles on the structure of centrifugal-cast billets.

*Keywords:* Disperse particles, centrifugal moulding, distribution of carbides, structural components.

### 1. Введение

В буровой технике и в механизмах, работающих при сооружении и эксплуатации различных объектов нефтяной и газовой промышленности, долговечность при износе является определяющей.

Долговечность механизмов и инструмента, работающего в тяжелых условиях, в большинстве случаев обеспечивается за счет применения дефицитных и дорогостоящих материалов, содержащих вольфрам, кобальт и другие дефицитные элементы. В связи с этим являются перспективными и актуальными работы, позволяющие резко сократить либо вообще отказаться от применения таких материалов. Применение технологии объемного или поверхностного упрочнения позволяет резко уменьшить использование дефицитных материалов [1].

Одним из способов упрочнения металлического материала является введение в него твердой тугоплавкой фазы мелкодисперсных карбидов. Применяя различные по свойствам и дисперсности тугоплавкие частицы, возможно в широких пределах варьировать свойствами получаемых материалов посредством управления их структурой. Однако в настоящее время применение методов упрочнения ограничено возможностью управления распределением вводимых частиц по объему получаемого материала.

Для решения данной проблемы кафедрой «Общая металлургия» был разработан способ получения упрочненной заготовки методом центробежного литья, проведена серия экспериментов и получен дисперсно-упрочненный материал [2, 3].

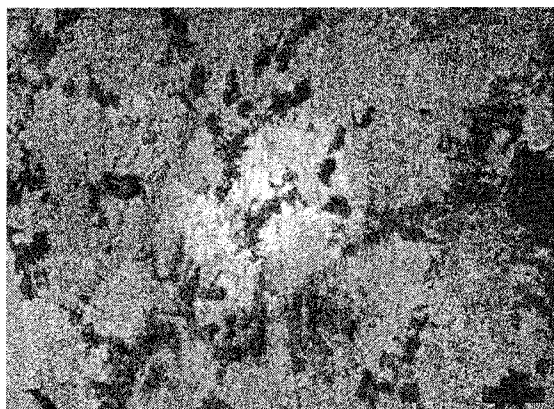


Рис. 1. Микроструктура центра отливки без присадки карбидной фазы (×50)

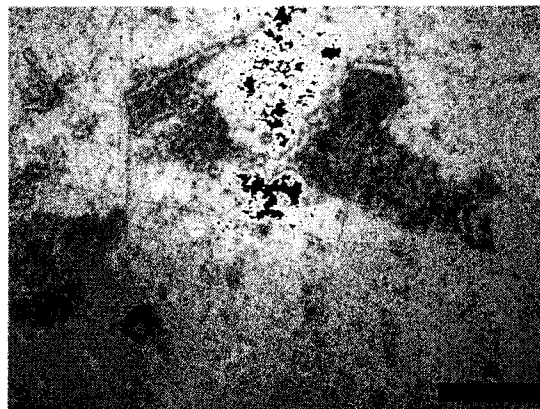


Рис. 2. Перлит в отливке без присадки карбидной фазы (×1000)

## 2. Методика исследования

Полученные заготовки были подготовлены для металлографического исследования следующим образом: шлифовка, полировка и травление 4 %-ной азотной кислотой ( $\text{HNO}_3$ ) в спирте в течение 10 секунд.

Исследование микроструктуры проводилось на микроскопе Meiji IM-7200 при увеличениях от 50 до 1000 раз. Структура просматривалась по периметру образца и его центральной части. Исследование диспергирования структуры полученного материала проводили посредством измерения средних размеров ячеек дендритов методом случайных секущих.

Исследование структурных составляющих проводили также на сканирующем электронном микро-

скопе фирмы «JEOL JSM-6460 LV». При электронно-микроскопических исследованиях микроструктуру рассматривали либо во вторичных электронах (SEI), либо в отраженных электронах (BES) с использованием приставки «Энергодисперсионный анализатор» фирмы «OXFORD INSTRUMENTS».

## 3. Результаты исследований

Исследование микроструктуры отливок с помощью оптического микроскопа показало, что в исходной отливке без добавок наблюдается ярко выраженная дендритная структура, особенно в центральной части: светлое поле ячеек – феррит, который окаймлен темными прослойками перлита (рис. 1).

Исследование темных участков при больших увеличениях ( $\times 1000$  раз) показало, что они имеют пластинчатое строение (рис. 2).

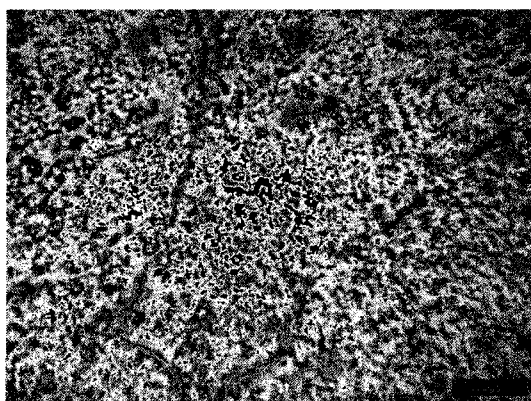
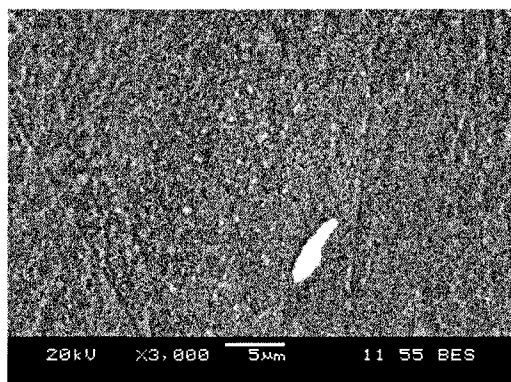
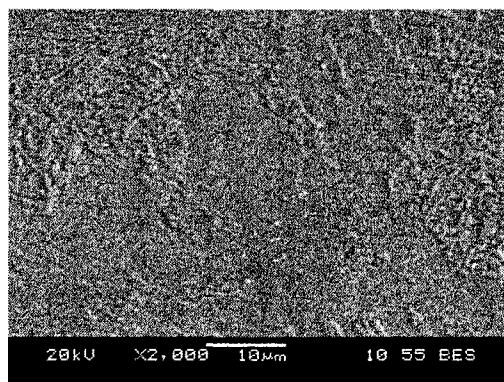


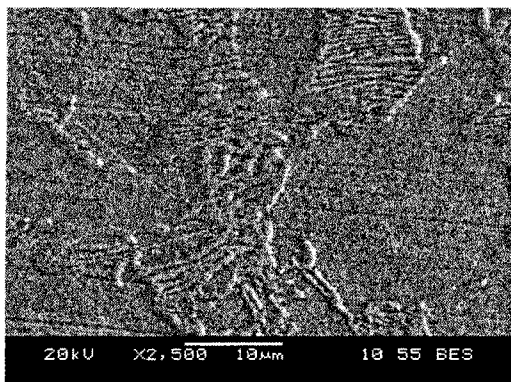
Рис. 3. Микроструктура центра отливки с максимальным количеством карбидной фазы ( $\times 50$ )



а)



б)



в)

Рис. 4. Распределение карбида вольфрама в отливке с максимальным содержанием введенной фазы: а – внешняя сторона ( $\times 3000$ ); б – середина ( $\times 2000$ ); в – внутренняя сторона ( $\times 2500$ )

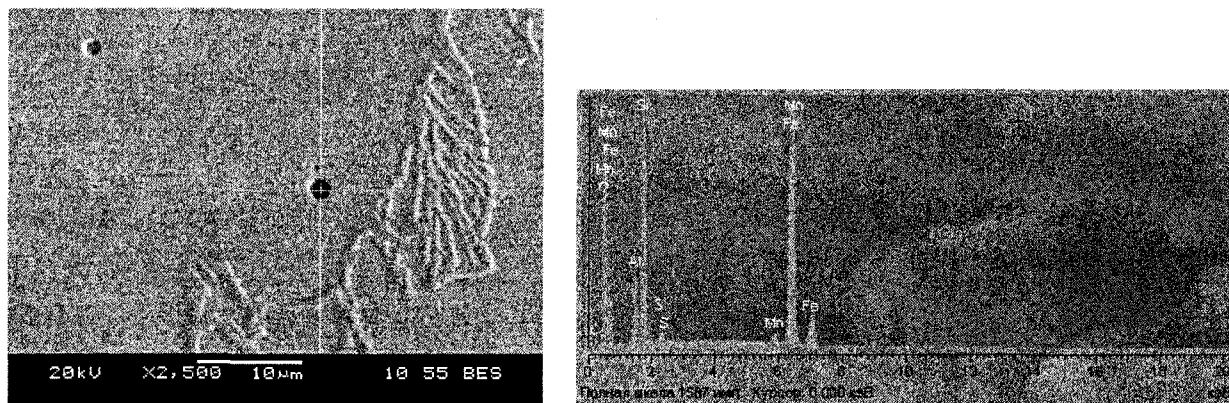


Рис. 5. Микроструктура и спектр оксида кремния в отливке с максимальным содержанием введенной фазы ( $\times 2500$ )

Добавки карбидной фазы заметно влияют на структуру центральной части отливок: дендриты измельчаются, теряют свою явную направленность. С увеличением количества вводимой тугоплавкой фазы происходит дальнейшее диспергирование структуры (рис. 3).

Исследование среднего размера ячеек дендритов методом случайных секущих показало, что в отливке без карбидной фазы в центральной части он составляет  $\approx 140\text{--}150$  мкм, а в отливке с максимальным количеством карбидной фазы уменьшается до  $90\text{--}100$  мкм.

Исследование структурных составляющих на сканирующем электронном микроскопе показало, что расположение карбида вольфрама по сечению заготовки неравномерно – наибольшая концентрация наблюдается на внешней стороне полученных заготовок (рис. 4).

Также в результате микроструктурного исследования на электронном микроскопе было выявлено практически полное отсутствие введенного карбида кремния. Данный факт может быть объяснен тем, что карбид кремния не устойчив и при контакте с жидким расплавом испытывает трансформацию в оксид кремния [4], что подтверждается его наличием в исследуемом материале (рис. 5).

#### 4. Выводы

1. Показано, что введенные в металлический материал на стадии разлива дисперсные частицы карбидов вольфрама и кремния способствовали диспергированию структуры получаемого материала: происходит измельчение дендритов, уменьшаются размеры дендритных ячеек, увеличивается количество перлита.

2. Распределение введенных частиц карбидов вольфрама неравномерно по сечению получаемого

материала: наибольшая концентрация наблюдается на внешней поверхности заготовок, некоторое количество в центральной части. На внутренней поверхности введенные карбиды отсутствуют.

3. Карбиды кремния в полученном материале не сохраняются, очевидно, испытывая трансформацию в оксид кремния.

НИР проведена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009–2013 гг.)» (гос. контракт №П1416 от 3.09.09), а также поддержана АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009–2010 гг.) № 2.1.2.1687.

#### Литература

1. Мищенко, А.Н. Повышение долговечности объемнодеформированных изделий, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания за счет использования в качестве основы нестабильно-аустенитных сталей: дис. ... канд. техн. наук / А.Н.Мищенко. – М. 1984. – 235 с.
2. Патент 2381087 Российская Федерация, МПК В 22 D 13/02. Способ формирования трубной заготовки / В.И. Чуманов, И.В. Чуманов, Д.А. Пятыгин, Р.Р. Гарифулин, О.Ю. Вершинина, А.Н. Анিকেев. – № 2008128677/02; заявл. 14.07.2008.; опубл. 10.02.2010. – 5 с.: ил.
3. Упрочнение поверхностных слоев при формировании полой заготовки методом центробежного литья / В.И. Чуманов, И.В. Чуманов, А.Н. Анিকেев, Р.Р. Гарифулин // *Электротехнология*. – 2010. – № 1. – С. 33–35.
4. Воскобойников, В.Г. *Общая металлургия: учеб.* / В.Г. Воскобойников. – М.: Металлургия, 1989. – 479 с.

Поступила в редакцию 10 марта 2011 г.