

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Н.Д.Тураходжаев¹, С.А.Турсунбаев², Ф.У.Одилов³, Р.С.Зокиров⁴, М.Х.Кучкарова⁵

¹Профессор, ТГТУ им. И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

²Старший преподаватель, ТГТУ им. И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

³Аспирант, ТГТУ им. И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

⁴Аспирант, ТГТУ им. И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

⁵Ассистент, ТГТУ им. И.А.Каримова, Ташкент, Узбекистан

В статье изложены результаты анализов влияние от 0,1 до 2 % Ti на свойства до эвтектического хромистого чугуна, содержавшего 2,5 % С и 16 % Cr. Также даны результаты влияния модификаторы на свойства белых чугунов.

Ключевые слова: Титан, ВХЗЧ, износостойкость, карбид, микроструктура, модифицирования

Влияние титана на свойства коммерческого чугуна 15 % Cr—Mo исследовалось в работе . Изучали чугун, содержащий, мас. %: 2,33-2,42 С; 14,93-16,89 Cr; 0,49-1,94 Si; 0,85-1,15 Mn; 0,36-0,7 Ni; ≈ 3 Mo. В сплав добавляем 0,1-0,25-0,38 % Ti. При добавке 0,38 % Ti и после 6-ч аустенизации с 1050 °С проводили испытание на износ абразивом Al₂O₃. Эти испытания показали увеличение на 30 % абразивной стойкости чугуна. Что повышение износостойкости чугуна можно связать с повышением твердости металлической матрицы. Увеличение износостойкости на 30 % при испытании очень твердым абразивом Al₂O₃ — хороший результат, так как очень твердый абразив нивелирует разницу в износостойкости материалов. По-видимому, испытание абразивом типа кварца покажет более высокую разницу в износостойкости исследуемого сплава и стали, из которой изготавливаются эталоны.

Такое предположение сделано на основании наших испытаний на износ на кварцевой и корундовой шкурках. В этих испытаниях чугун ИЧ290Х12М на кварцевой шкурке превзошел эталон из стали 20 в 10—11 раз, а на корундовой шкурке это превосходство снизилось до 2,58. Такая же картина наблюдалась и при испытании других износостойких белых чугунов.

За эвтектические белые высокохромистые чугуны привлекали исследователей и эксплуатационников более высоким (по сравнению с эвтектическими чугунами) содержанием твердых и износостойких карбидов M_7C_3 .

Однако применение высокохромистых за эвтектических чугунов (ВХЗЧ) вызывало большие затруднения из-за их низких механических свойств, хрупкости и высокого уровня брака при изготовлении отливок. Отмечается, что механические свойства ВХЗЧ могут быть улучшены легированием и технологией, обеспечивающей нужную структуру сплава.

Износостойкие высокохромистые эвтектические чугуны широко применяют для изготовления шламовых насосов, оборудования для обогащения минералов в цементной, угольной промышленности и др.

При добыче содержащих нефть песков (Канада, Северная Альберта) традиционно применявшиеся эвтектические хромистые чугуны не обеспечивали достаточной стойкости оборудования. Стремление снизить большие экономические потери от износа насосов, перекачивающих абразивные пульпы, привело к использованию за эвтектических хромистых чугунов : А12 (30 % Cr, 4,5 % С) и А217 (35 % Cr, 5 % С).

Износостойкий чугун А217 имел мелкие первичные карбиды. Чугун А61 по химическому составу аналогичен чугуну А12, но с мелкими первичными карбидами. Применение за эвтектических чугунов А61 и А217 с мелкими первичными карбидами позволило в 1,7—3 раза повысить срок службы рабочих колес насосов и других деталей по сравнению с ранее применявшимися эвтектическими хромистыми чугунами А05 и за эвтектическими А12 с крупными первичными карбидами.

Применение сплава А217 вместо А12 (с крупными карбидами) повысило стойкость разгрузочной втулки с 1350 ч до 3600 ч. Замена эвтектического сплава А05 на заэвтектический А61 с мелкими карбидами увеличило стойкость рабочих колес с 2500 ч до 5500 ч, т.е. в 2,2 раза.

В не сообщается о методах, использованных для измельчения карбидов в заэвтектических хромистых чугунах, что, по-видимому, связано с экономическими интересами фирм, изготавливающих оборудование и финансировавших это исследование.

Некоторое представление о методах измельчения карбидов в заэвтектических хромистых чугунах можно составить по публикациям. В отмечается, что титан влияет на морфологию первичных карбидов M_7C_3 в заэвтектическом чугуне, делая их более мелкими. Исследование было сосредоточено на изучении влияния легирования разными количествами ферротитана на структуру и величину карбидов ВХЗЧ, содержащего 4 % С и 20 % Cr.

Химический состав экспериментальных образцов и количество вводимого титана, мас. % :

Образец	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
С.....	4,0	3,95	3,90	3,86
Cr.....	20,0	19,74	19,50	19,29
Ti.....	0	0,50	1,0	1,5

Металл выплавлялся в 10-кг среднечастотной индукционной печи. Для шихты использовали высокоуглеродистый феррохром, низкоуглеродистую сталь и чушковый чугун. Металл доводился до температуры 1580—1600 °С. После

расплавления металла он раскислялся чистым Al (0,05—0,15 %), после чего добавляли ферротитан в разных количествах. Расплавленный металл заливали при 1380°C в сухую песчаную форму. Размеры образцов, мм: 60x60x200. Металлографическое исследование проводилось на их поверхности.

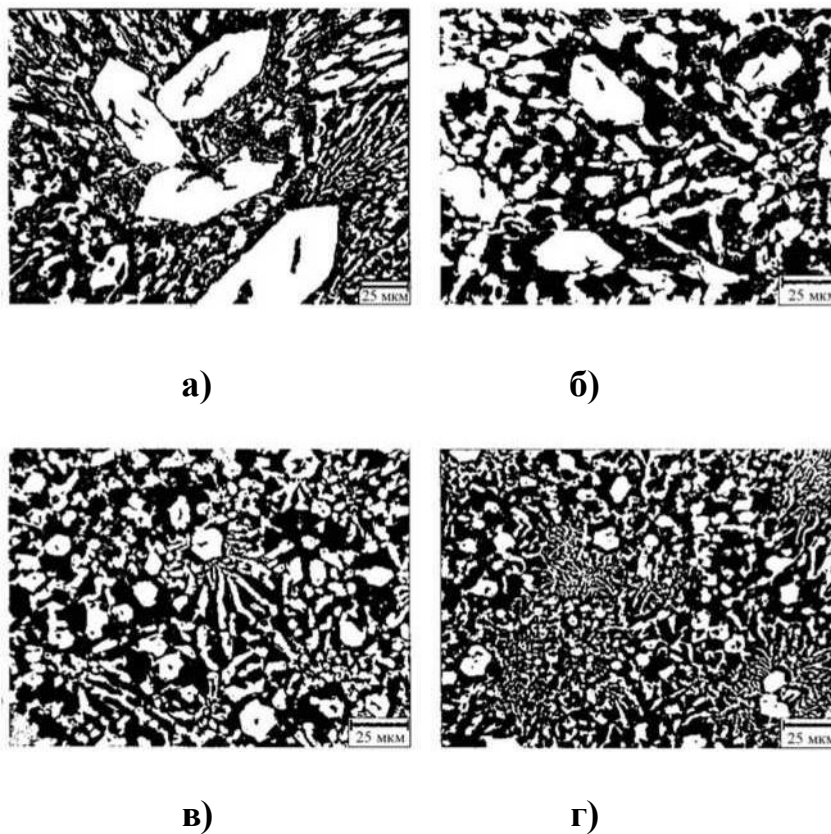


Рисунок-1. Микроструктура образцов за эвтектического хромистого чугуна без добавки Ti (а) и с добавкой 0,5 % Ti (б), 1 % Ti (в), 1,5 % Ti (г)

Микроструктура образцов чугуна с разным количеством титана приведена на рис.1. На рис. 1, а видно, что микроструктура ВХЗЧ без добавки титана состоит из крупных первичных карбидов M_7C_3 , имеющих гексагональную форму и типичную эвтектическую структуру матрицы. Морфология первичных карбидов улучшается по мере увеличения концентрации титана в сплаве. Очевидно, ввод титана имеет большое влияние на строение первичных карбидов в ВХЗЧ. Соотношение эквивалентных диаметров карбидов резко уменьшается при увеличении в ВХЗЧ содержания титана (рис. 2). Ожидалось, что титан и углерод могут растворяться в расплавленном металле, и возможна химическая реакция $[Ti] + [C] = TiC$ между этими элементами. При этом, вероятно, образующиеся частицы TiC поглощают тепло жидкого сплава при кристаллизации. При вводе титана в количестве 1,5 % размер карбидов резко уменьшился — до 4 мкм вместо 10 мкм при отсутствии этого элемента в сплаве. При уменьшении размеров карбидов возрастают механические свойства чугуна и его износостойкость, как это было показано в.

В изучалось влияние модифицирования и инокулирования на структуру и

вязкость за эвтектического чугуна, содержащего 4 % С и 20 % Cr, при более высоких (1380 °С) температурах заливки, чем те, которые применялись в работе. Сплав выплавлялся в среднечастотной индукционной 20-кг печи. Шихта состояла из чистого стального скрапа, чушкового чугуна и феррохрома, содержащего 63 % Cr. На дно нагретого ковша укладывали примерно 1,2 % модификатора, главным образом содержащего Fe, Si, Re, Al и изготовленный исследователями сплав (3,0—3,5 % С, 3—5 % Mn, 3-4 % Cr, 0,5—3,0 % Nb, 0,2—1,8 % V, 0,1-1,0 % Si, 0,005-0,04 N, ост. Fe). Частицы инокулятора состояли из сплава, содержащего 0,7—1,2 % С, 0,6—1,2 % Mn, 0,4—1,2 % Si, < 0,05 % P и S. Эти частицы имели размер 0,125—0,180 мм и равномерно вводились в расплав через заливочную чашу вертикального литника литейной жидко стекольной формы. В литейной форме отливались образцы 20x20x110 мм без надреза для испытания на удар. После отливки эти образцы отпускались 2 ч при 250 °С.

Расплав раскисляли алюминием при 1550 °С, после чего жидкий металл переливали в ковш, а затем заливали в форму. Химический состав за эвтектического чугуна и методы воздействия на сплав приведены в табл.2.

Состав, мас. %, ВЗХЧ и воздействие на материал

Образец	С	Si	Mn	Cr	P	S	Воздействие
A,	4,03	1,13	0,45	20,35	0,04	0,05	-
^A 2	4,03	1,13	0,45	20,35	0,04	0,05	Модифицирование (М)
B1	3,93	1,15	0,58	19,84	0,03	0,05	Ввод 2,1 % частиц инокулятора (И)
^B 2	3,93	1,15	0,58	19,84	0,03	0,05	М + И

Это исследование показало, что модифицирование и ввод частиц инокулятора в 1,7—2,48 раз увеличили ударную вязкость ВЗХЧ. Воздействие инокуляторов на ударную вязкость сплава оказалось более значительным, чем модифицирование — увеличение вязкости в 2,2 и 1,7 раза соответственно. Совместное воздействие модифицирования и инокулирования дало небольшое (13 %) увеличение вязкости сплава по сравнению с только инокулированием. По-видимому, добавка частиц инокулятора увеличивает скорость кристаллизации и увеличивает число центров кристаллизации. Ссылаясь на ряд работ, что инокулирование может увеличивать скорость кристаллизации и затвердевания сплава, улучшая распределение, снижая температурный интервал кристаллизации. Таким образом, время кристаллизации

сокращается, и растворенное вещество может хорошо воздействовать на расплав.

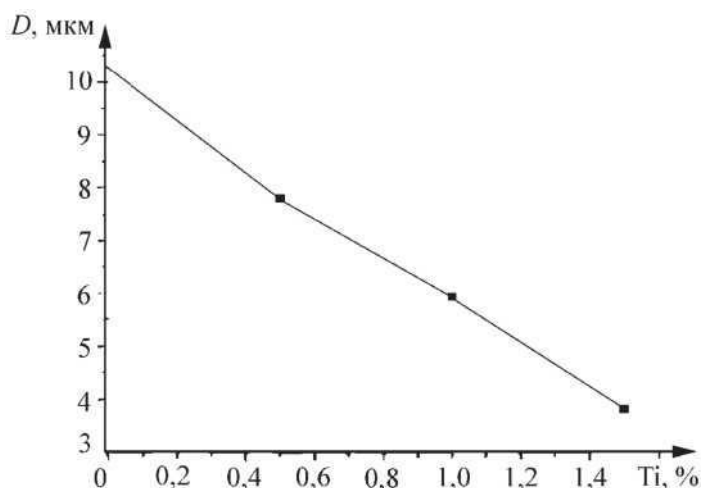


Рисунок-2. Влияние количества титана в сплаве на величину эквивалентного диаметра карбидов в ВХЗЧ

Имеющие высокую температуру плавления карбиды и нитриды, такие как NbC, TiN, TiC и др., могут действовать как гетерогенные зародыши карбида M_7C_3 , способствуя измельчению карбида M_7C_3 . Рений и алюминий, являющиеся поверхностно-активными элементами, значительно раскисляют металл и удаляют серу, могут очистить расплав. Так как кремний не растворяется в карбидах M_7C_3 , он может концентрироваться преимущественно на поверхности растущих карбидов M_7C_3 , препятствуя их росту и способствуя их измельчению.

Таким образом, ударная вязкость повышается в результате измельчения первичных карбидов. В более ранней работе показано, что резкое уменьшение размеров карбидов в за эвтектическом высокохромистом чугуна достигается введением в сплав 1,5% Ti. Добавка модифицирующего агента Fe-Si-Re и сделанного вспомогательного многокомпонентного сплава по сравнению с добавками титана до 1,5 %.

Библиографический список

1. Bedolla-Jacuinde A. et al. // Material Science and Engineering A. 2005. Vol. 398. P. 297-308.
2. Гарбер М.Е. и др. Влияние структуры на износостойкость белых чугунов // МиТОМ. 1968. № 11.
3. Гарбер М.Е., Цыпин И.И. Основы подбора состава и структуры износостойких отливок из белого чугуна // Литейное производство. 1970. № 2.
4. Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. М.: Машиностроение, 1972.
5. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны ISBN 978-5-217-03461-1 М.: "Машиностроение", 2010