

Анотація

Товаровський Й. Г., Меркулов О. Є.

Проблеми заміщення коксу в доменній плавці продуктами газифікації низькосортного вугілля

Встановлено, що реалізація вітчизняних розробок щодо заміщення в доменних печах (ДП) частини коксу і всього обсягу природного газу (ПГ) продуктами газифікації низькосортного вугілля під час використання резервних ДП для організації процесів газифікації вугілля дозволить скоротити витрати коксу до рівня, порівнянного з варіантом вдування максимальної кількості пиловугільного палива, ресурси якого обмежені, а отримання в деяких ДП паливних газів енергетичного призначення покликано поліпшити паливний баланс підприємства і регіону із одночасним позитивним впливом на екологічну обстановку. Зазначені розробки доцільно включити в комплекс робіт, запланованих керівництвом країни стосовно заміщення імпортного природного газу і залучення у виробничий оборот низькосортного вугілля власного видобутку.

Ключові слова

газифікація вугілля, доменна піч, продукти газифікації вугілля

Summary

Tovarovsky I. G., Merkulov A. E.

Issue of substitution of coke with low-grade coal gasification products in blast furnaces

The implementation of national developments in replacement of coke and all injected natural gas (NG) in a blast furnace (BF) with low-grade coal gasification products when using redundant BF for organizing of coal gasification process allows to reduce the coke consumption to a level commensurate with the option of injecting the maximum number of pulverized coal, which has limited resources. Obtaining of fuel gases for energy use in blast furnaces meant to improve fuel balance of the enterprise and the region with simultaneous positive impact on the environment. Indicated developments are appropriate to include in a set of works planned by the leadership of the country in terms of imported natural gas substitution and involvement of low-grade coal of own extraction in the production operations.

Keywords

gasification of coal, blast furnace, coal gasification products

Поступила 13.01.13

УДК 621.74:669.131.2:669.131.4

М. О. Матвеева

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Структура и свойства низкохромистых чугунов, микролегированных титаном

Определено совместное влияние хрома и титана на структуру и свойства отливок из белого чугуна. С целью обеспечения заданных твердости отливок (не менее 51,0 HRC) и микротвердости структурных составляющих (цементита и перлита – выше 10320 и 4360 МПа соответственно) установлено оптимальное содержание (% по массе) Cr – 3,46...5,03 и Ti – 0,11...0,20 в экспериментальном сплаве.

Ключевые слова: чугун, хром, титан, легирование, твердость, структура, микротвердость

Система железо-углерод является основой большинства сталей и многих сплавов (как наиболее распространенных в промышленности, так и обладающих уникальными физическими, механи-

ческими и химическими свойствами). Полиморфизм железа, склонность к возникновению метастабильных состояний с разными компонентами, широкое разнообразие фазовых переходов в сплавах Fe-C

Результаты исследований структуры и свойств экспериментальных чугунов

Номер сплава	Функция отклика				
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
	Ц, %	П, %	H ₅₀ Ц, МПа	H ₅₀ П, МПа	HRC
1	28	72	8275	3419	49,0
2	30	70	11241	4566	50,7
3	35	65	13461	5724	53,3
4	28	72	10297	4174	50,1
5	30	70	9820	4470	51,0
6	34	66	12235	4818	52,5
7	32	68	11240	4330	50,7

Таблица 2

Коэффициенты регрессии для уравнений расчета свойств низкохромистых чугунов, микролегированных титаном

β	Параметр				
	Ц, %	П, %	H ₅₀ Ц, МПа	H ₅₀ П, МПа	HRC
β ₁	28	72	8275	3419	490000
β ₂	30	70	11241	4566	507000
β ₃	35	65	13461	5724	533000
β ₁₂	- 4	4	2156	726	10000
β ₁₃	- 6	6	- 4192	- 406	- 0,600
β ₂₃	6	- 6	- 464	- 1308	20000
β ₁₂₃	39	- 39	14187	- 3507	- 153000

дает возможность считать их универсальной модельной системой. Поэтому выяснение физической природы и механизма процессов формирования структур Fe-C сплавов имеет существенное значение для развития общей теории сплавов и решения задач литейного производства, в частности производства отливок из чугунов [1-3].

С целью повышения механических и эксплуатационных свойств отливок чаще всего применяют легирование, желательно не дефицитными элементами, использование которых в рациональных количествах экономически оправдано. Одним из наиболее распространенных легирующих элементов для чугунов является хром [2, 4], относящийся к числу импортируемых дорогостоящих металлов, поэтому важно установить оптимальное количество хрома для повышения функциональных свойств отливок. Хром определяет количество графита [5], морфологию структуры перлита [6], строение и свойства ледебурита [7], физические и эксплуатационные характеристики отливок [8].

Титан всегда присутствует в чугуне, поскольку его содержат железные руды. Он также попадает в расплав из шихтовых материалов (стальных и чугунных отходов). Практически весь титан находится в виде соединений типа карбида TiC, карбонитрида Ti(C, N) или оксикарбонитрида Ti(C, N, O) [4]. Все эти соединения изоморфны, образуют непрерывный ряд твердых растворов, поскольку углерод, азот, кислород являются элементами внедрения в кристаллической решетке титана, обладают высокой микротвердостью (свыше HV 2500), высокой энтальпией и температурой плавления, низкой энтропией, что определяет их уникальные свойства. Поэтому даже в небольших количествах они оказывают влияние на структуру и свойства отливок [4, 9, 10]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что проведенные в настоящей работе исследования, цель которых состояла в определении совместного влияния хрома и титана на структуру и свойства отливок из белого чугуна, являются актуальными.

Комплексное влияние хрома и титана на структуру и свойства чугунов изучали с использованием симплексного метода. Получили сплавы следующего химического состава, % по массе: С – 3,12...3,14; Si – 2,20...2,30; Mn – 0,60...0,64; Cr – 1,17...5,63; Ti – 0,01...0,20; Fe – 88,23...92,81; S – 0,024...0,027; P – 0,03...0,05. Построение симплексной решетки по плану Шеффе описано автором в [11].

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1, а результаты расчета коэффициентов регрессии – в табл. 2.

Совместное легирование титаном и хромом в исследуемом концентрационном интервале оказывало влияние на количество основных структурных составляющих чугунов, которое значительно отличалось от результатов, полученных при их индивидуальном применении [5, 9]. Количество цементита возрастало по мере повышения содержания хрома и титана в среднем на 7,0-11,0 % (реализованная симплексная решетка представлена на рис. 1, а).

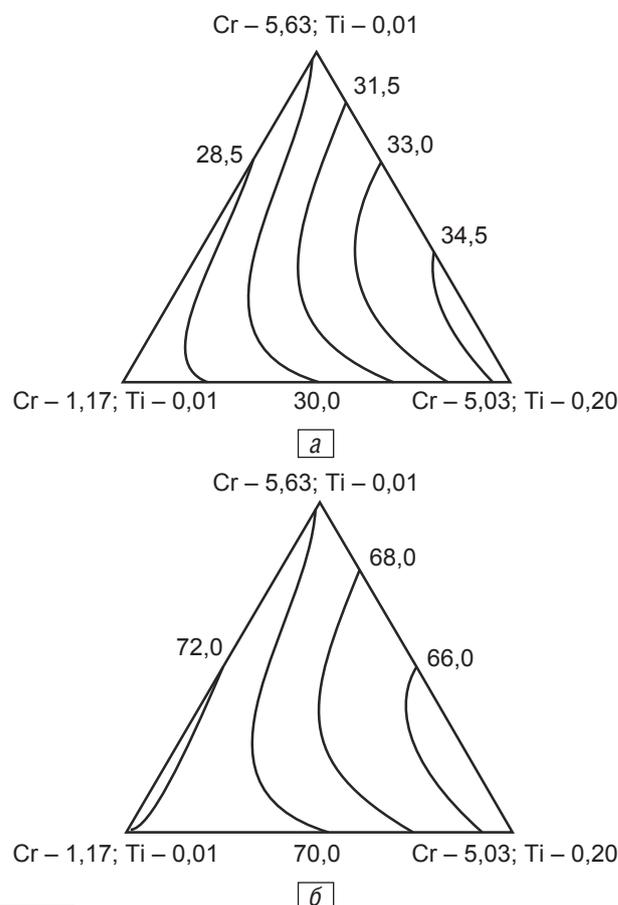


Рис. 1. Количество цементита (а) и перлита (б), % от площади

Сравнивая полученные результаты с индивидуальным влиянием хрома, установили, что присутствие титана нивелирует карбидообразующее воздействие хрома. Так в ранее проведенных исследованиях при 5,3 % Cr количество цементита составляло 45,0 %; для сравнения – 29,6 % Ц (%: Cr – 5,63; Ti – 0,01) и 35,0 % Ц (%: Cr – 5,03; Ti – 0,20). В идентичном концентрационном интервале хрома: в случае его индивидуального влияния количество цементита изменялось от 24,5 до 45,2 % (на ~21 %); при 0,01 % Ti – от 27,9 до 39,0 % (на ~11 %) и при 0,2 % Ti – от 29,7 до 35,7 % (на ~6 %). Динамика роста количества цементита с увеличением содержания титана значительно снижается. Свыше половины цементита в структуре экспериментальных чугунов находится в составе ледебурита и соответственно его количество характеризуется аналогично цементиту. В этом существенное отличие чугунов, содержащих Cr + Ti, от легированных только хромом, в которых количество эвтектики составляло от 6 до 9 %, тогда как в экспериментальных – 15-30 %. Подтверждены известные данные, что титан и хром относятся к элементам, способствующим образованию ледебурита и, в отличие от фосфора, серы, теллура, уменьшающим склонность к образованию конгломератной структуры.

Количество перлита в структуре опытных чугунов с увеличением количества хрома и титана незначительно уменьшалось (рис. 1, б). Если в чугуне, легированном только титаном, он способствовал образованию перлита и с увеличением его количества доля перлита изменялась аналогично, то при комплексном применении совместно с хромом больше выражено их влияние на образование ледебурита. Перлит неоднородный, и при большем количестве титана его неоднородность выражена сильнее (пример микроstructures представлен на рис. 2).

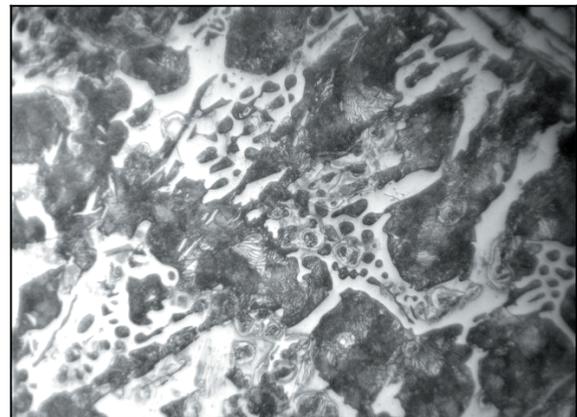
Рентгеноструктурный анализ не выявил присутствия в структуре экспериментальных чугунов других фаз (рис. 3), кроме феррита и цементита. Упрочняющие фазы на основе титана дисперсные, их мало, поэтому данным методом они не определились.

Установлено влияние легирования хромом и титаном на микротвердость структурных составляющих и твердость опытных слитков (см. табл. 1). Реализованные симплексные решетки представлены на рис. 4, где поля нежелательных значений параметров затемнены.

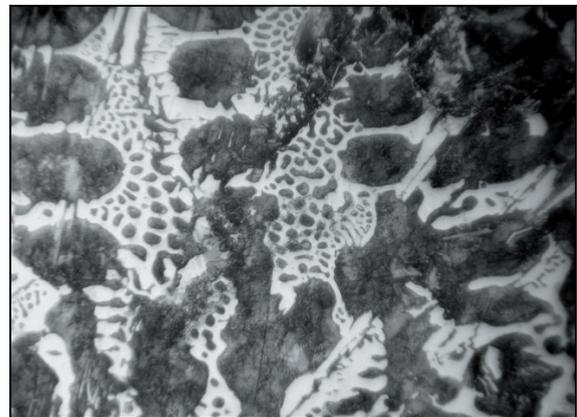
С увеличением содержания хрома и титана микротвердость обоих структурных составляющих увеличивалась. В исследуемом легирующем комплексе хром в основном находится в цементите и упрочняет его, в то время как

соединения титана распределяются в перлите и способствуют повышению его твердости.

Достоверность полученных данных подтверждает и то, что твердость слитков экспериментальных чугунов также возрастает с увеличением количества легирующего комплекса Cr + Ti. При большем



а



б

Рис. 2. Микроструктура образцов (% по массе): Cr – 1,17; Ti – 0,01 (а); Cr – 3,01; Ti – 0,20 (б); $\times 600$

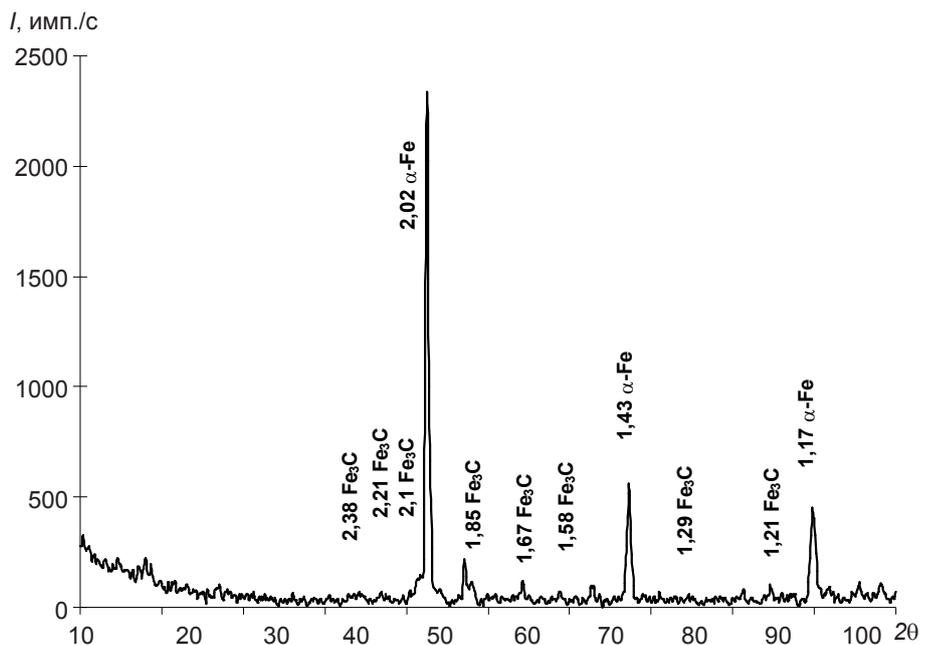


Рис. 3. Рентгеновские дифрактограммы образцов в Co-K_α излучении с Cr – 5,03 %; Ti – 0,2 %

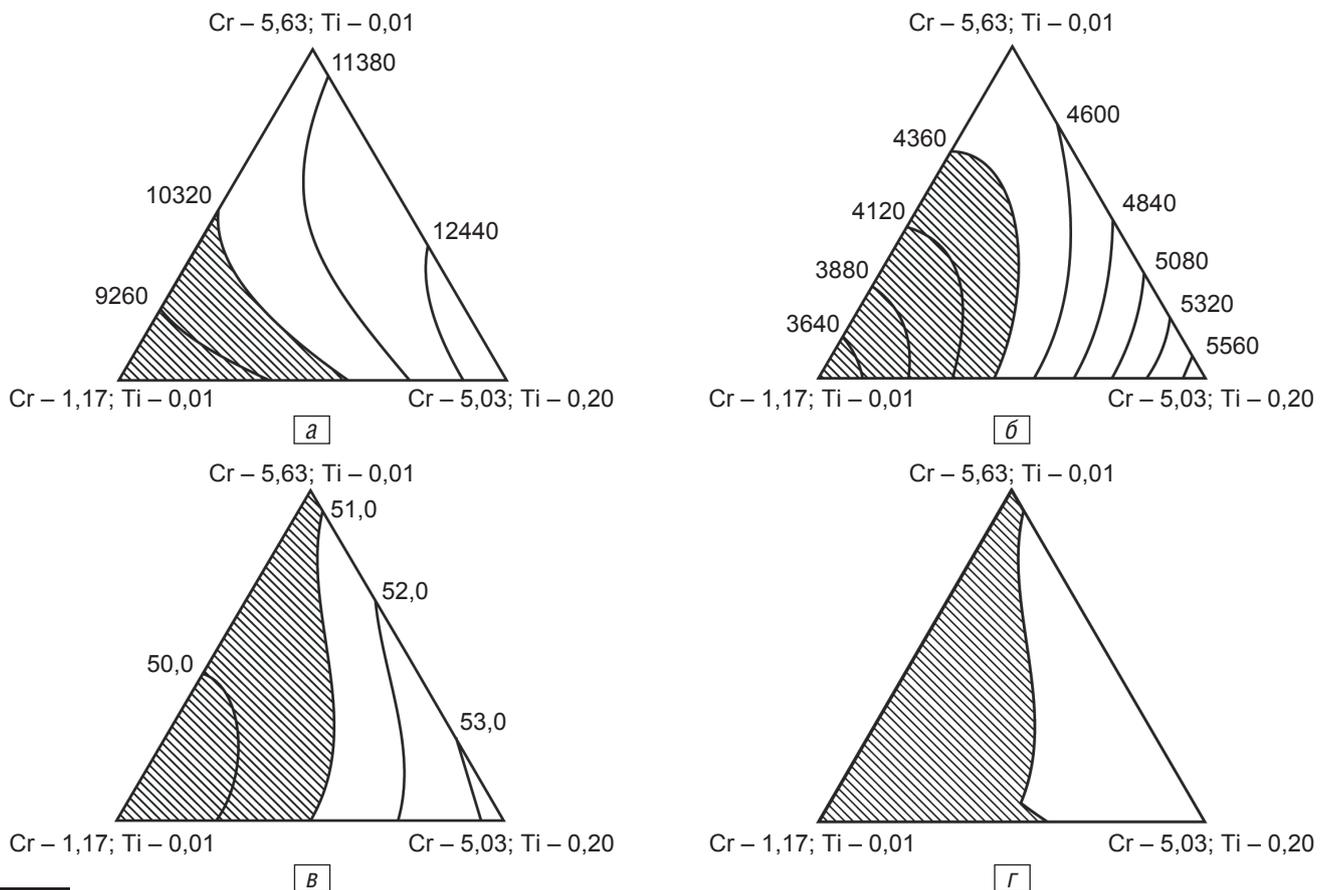


Рис. 4. Микротвердость (МПа): цементита (а), перлита (б); твердость отливок, HRC (в); смещенная симплексная решетка (з). Содержание Cr и Ti – в %

содержании титана тенденция к увеличению твердости значительнее при соответствующем повышении концентрации хрома, так как образовывалось большее количество упрочняющих фаз на основе титана, которые располагались преимущественно в перлите, и возрастало количество цементита. В присутствии титана влияние хрома на твердость образцов ослаблено по сравнению с индивидуальным. Ввод только хрома в таком же количестве повышал твердость экспериментальных слитков в 1,5 раза.

Выделение на симплексных решетках полей с недопустимым уровнем свойств, с последующим наложением полученных изображений на одну решетку (рис. 4, з), помогло определить поле оптимальных содержаний элементов в разрабатываемом составе чугуна (% по массе): Cr – 3,46...5,03; Ti – 0,11...0,20.

Полученные результаты дают возможность рекомендовать экспериментальные чугуны для изготовления поршней плунжерных пар машин литья под давлением вместо серого чугуна, что может повысить срок их службы в 2...4 раза.

Выводы

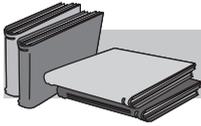
1. Результаты, полученные вследствие экспериментальных исследований, подтверждают, что микролегирование титаном (0,01...0,20 %) низкохромис-

того чугуна (1,17...5,63 % Cr) оказывает влияние на образование и свойства структурных составляющих сплава.

2. Установлено, что совместное легирование титаном и хромом в исследуемом концентрационном интервале влияет на количество основных структурных составляющих чугунов, которое значительно отличается от результатов, полученных при их индивидуальном применении. Присутствие титана нивелирует карбидообразующее воздействие хрома. В его идентичном концентрационном интервале: в случае индивидуального влияния количество цементита изменялось на 12 %; при 0,01 % Ti – на 2 % и при 0,20 % Ti – на 4 %. Количество перлита в структуре опытных чугунов незначительно уменьшалось; титан в исследуемом концентрационном интервале не способствовал его образованию.

3. Во всех экспериментальных чугунах выявлено значительное количество эвтектики, кристаллизующейся в форме сотового ледебурита, что свидетельствует об увеличении эвтектичности чугуна. И в этом существенное отличие чугунов, содержащих Cr + Ti, от легированных только хромом, в которых количество эвтектики составляло от 6 до 9 %, тогда как в экспериментальных – 15-30 %.

4. При совместном легировании хромом и титаном (с увеличением их количества) микротвердость структурных составляющих и твердость отливок увеличиваются.



ЛИТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. Изд. 3-е. – М.: Сов. энциклопедия, 1991. – 1631 с.
2. Справочник по чугуному литью / Под ред. Н. Г. Гиршовича. Изд. 3-е. – Л.: Машиностроение. 1978. – С. 741-753.
3. Гуляев Б. Б. Теория литейных процессов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 214 с.
4. Чугун / А. Д. Шерман, А. А. Жуков, Е. В. Абдуллаев и др. – М.: Metallurgy, 1991. – 576 с.
5. Шаповалова О. М., Матвеева М. О. Влияние хрома на формирование графита в чугуне // Металознавство та термічна обробка металів. – 2004. – № 4. – С. 24-30.
6. Матвеева М. О., Шаповалова О. М. Влияние содержания хрома на морфологию структуры перлита // Теория и практика металлургии. – 2005. – № 3. – С. 52-58.
7. Матвеева М. О., Шаповалова О. М. Изменение структуры и свойств ледебурита под влиянием хрома // Нови матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2005. – № 2. – С. 12-17.
8. Матвеева М. О. Разработка чугунов с повышенными эксплуатационными свойствами // Литейн. произв-во. – 2007. – № 9. – С. 2-5.
9. Матвеева М. О., Шаповалова О. М. Влияние титана на формирование структуры чугуна // Металознавство та термічна обробка металів. – 2008. – № 1. – С. 65-75.
10. Матвеева М. О., Чигиринец Е. Э., Макарова А. А. Исследование коррозионной стойкости чугунов, экономнолегированных титаном // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2009. – № 1. – С. 203-207.
11. Матвеева М. О. Коррозионная жаростойкость отливок из чугунов, легированных хромом и титаном / М. О. Матвеева // Научный Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – 2010. – № 1 (6Е). – С. 153-160. – Режим доступа: www.dgma.donetsk.ua/publish/vesnik/.

Анотація

Матвеева М. О.

Структура та властивості низькохромистих чавунів, мікролегованих титаном

Визначено сумісний вплив хрому та титану на структуру та властивості виливків із білого чавуну. З метою забезпечення заданих твердості виливків (не менша 51,0 HRC) та мікротвердості структурних складових (цементиту та перлиту – вища за 10320 та 4360 МПа відповідно) встановлено оптимальний вміст (% , по масі) Cr – 3,46...5,03 і титану – 0,11...0,20 в експериментальному сплаві.

Ключові слова

чавун, хром, титан, легування, твердість, структура, мікротвердість

Summary

Matveyeva M. O.

Structure and properties of low-chromium cast iron microalloyed with titanium

There is defined the combined influence of chromium and titanium on the structure and properties of white iron castings. For providing the properties of castings (hardness not less than 51,0 HRC; microhardness of cementite and pearlite more than 10320 MPa and 4360 MPa respectively) there was find the optimal content of chromium – 3,46...5,03 % and titanium – 0,11...0,20 % in the experimental alloy.

Keywords

cast iron, chromium, titanium, alloying, hardness, structure, microhardness

Поступила 10.01.13