

Жасулан Нурбаевич Атамбаев^{1*}, Светлана Сергеевна Квон¹, Константин Юрьевич Окишев²

¹Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Республика Казахстан.

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

*atambaev.jasulan@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ГРАФИТНОЙ ФАЗЫ В ЧУГУНЕ МАРКИ АЧС-3

С помощью ПО Thixomet Pro была исследована структура антифрикционного чугуна марки АЧС-3 после модифицирования карбидом титана. Были изучены такие параметры структуры, как длина, размер, площадь графитовых включений, а также фактор формы. Установлено, что введение карбида титана в количестве 0,2...0,3% (масс.) металла приводит к значительному изменению характеристик графитовой фазы: снизился размер толщины и длины графитовых пластинок, отмечено уменьшение общей площади, занимаемой графитом, упростилась форма включений.

Ключевые слова: антифрикционный чугун, модифицирование, карбид титана, структура, графитовые включения.

Zhassulan N. Atambayev¹, Svetlana S. Kvon¹, Konstantin Yu. Okishev²

¹ Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Republic of Kazakhstan.

² Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation

THE EFFECT OF THE MODIFIER ON THE PARAMETERS OF THE GRAPHITE PHASE IN ASHS-3 CAST IRON

With the help of Thixomet Pro software, the structure of antifriction cast iron of the AChS-3 brand after modification with titanium carbide was investigated. Structure parameters such as length, size, area of graphite inclusions, and shape factor were studied. It was found that the introduction of titanium carbide in the amount of 0.2...0.3% (wt.) the metal leads to a significant change in the characteristics of the graphite phase: the size of the thickness and length of graphite plates decreased, a decrease in the total area occupied by graphite was noted, the shape of inclusions was simplified.

Keywords: antifriction cast iron, modification, titanium carbide, structure, graphite inclusions.

Антифрикционный чугун марки АЧС-3 получил широкое распространение при изготовлении отливок, работающих в условиях трения, особенно для работы в паре с термически необработанными валами. Высокие антифрикционные свойства данного сплава обеспечиваются, в первую очередь, параметрами структуры: соотношением ферритной и перлитной

составляющих, дисперсностью перлита, а также характеристиками графитной фазы [1].

Современным трендом улучшения свойств сплавов данной группы является управление параметрами графитной фазы. В работах [2-5] было показано, что форма и размер графитных включений, равномерность их распределения по структуре значительно влияют на свойства сплава в целом, и на антифрикционные свойства, в частности. Одним из факторов, влияющих на параметры графитной фазы является использование модификаторов. В ряде работ [4-7] было исследовано влияние микролегирования такими элементами, как Sb, Cu, Nb, Ni, Ti, модифицирующей смеси (МС) на параметры графитной фазы и свойства сплава. Результаты данных исследований показали, что использование микролегирования или наномодифицирования приводит к изменению параметров графитной фазы и свойств сплава.

Цель данного исследования – установить влияние модифицирования карбидом титана на изменения в структуре чугуна марки АЧС-3.

В лабораторных условиях были проведены эксперименты по введению в расплав чугуна марки АЧС - 3 карбида титана, как наномодификатора, с целью изменения структуры. Карбид титана является тугоплавким соединением, сохраняет свою индивидуальность в расплаве и способствует процессу графитизации и образованию достаточно мелкого графита [8]. Иными словами, карбид титана можно рассматривать как модификатор для изменения структуры чугуна, включая графитные включения.

В качестве модификатора использовался карбид титана марки F 500 (ТУ 6-09-492-75). Для повышения эффективности влияния ввода модификатора как центров кристаллизации для создания мелкодисперсной структуры дисперсность карбида титана была повышена до 0,5 мкм, количество наномодификатора варьировалось от 0,1 до 0,3% по массе. Антифрикционный чугун марки АЧС-3 расплавлялся в лабораторной печи УИП -25 с усиленной системой охлаждения. Расплав чугуна разливался в тигель КМЦ (корундомуллито-циркониевый), как наиболее инертный. На дно тигля вводился подготовленный порошок карбида титана в количестве 0,3% по массе. Для гомогенизации расплава тигель подвергался вибровоздействию в течение 10 минут, амплитуде 10 мм и частоте 120 Гц.

По окончании полной кристаллизации и охлаждения были изготовлены образцы для дальнейших исследований. Шлифы для анализа были подготовлены с помощью комплекса Strue, металлографический анализ структуры проведен с помощью ПО Thixomet Pro. Были изучены такие факторы, как длина и размер графитных включений, площадь и фактор формы. Под фактором формы в данном случае понимается степень изометричности включения (в данном случае, графита), т.е. чем выше значение фактора формы, тем ближе к сфере форма данного включения. Фактор формы рассчитывался по формуле:

$$F = \frac{4A}{\pi D_{max}^2}$$

где: А- площадь включения
D- диаметр включения

Анализ проводился не менее, чем в 10 полях зрения, поэтому полученные данные можно считать репрезентативными. В качестве образца сравнения использовался чугун марки АЧС- 3 без модификатора. На рисунке 1 приведены структуры исследованных образцов.

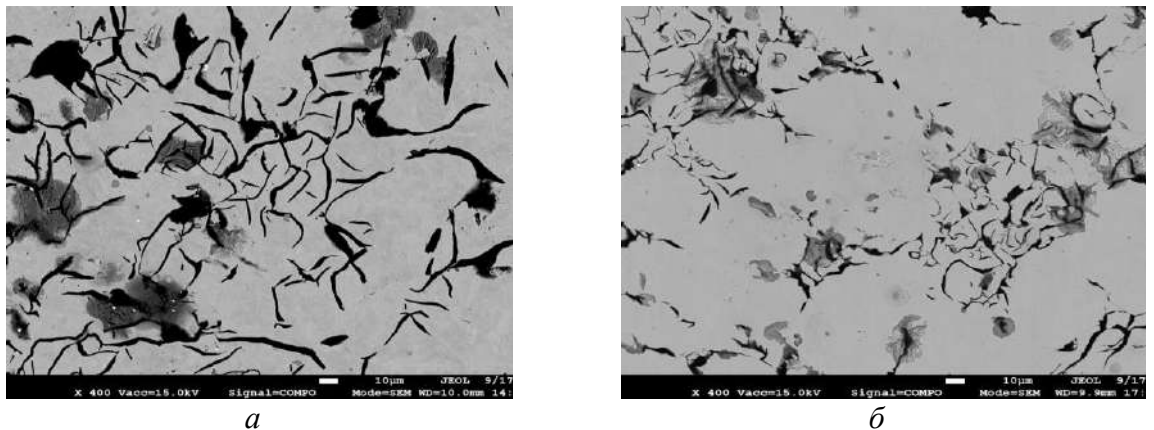


Рис. 1- структуры опытных образцов: а - без наномодификатора; б - после введения наномодификатора в количестве 0,3%

Визуальный анализ структур показывает, что после введения модификатора произошли значительные структурные изменения: размер графитных включений уменьшился. Результаты количественного анализа приведены в таблице 1. На рисунке 2 показан пример использования ПО Thixomet Pro.

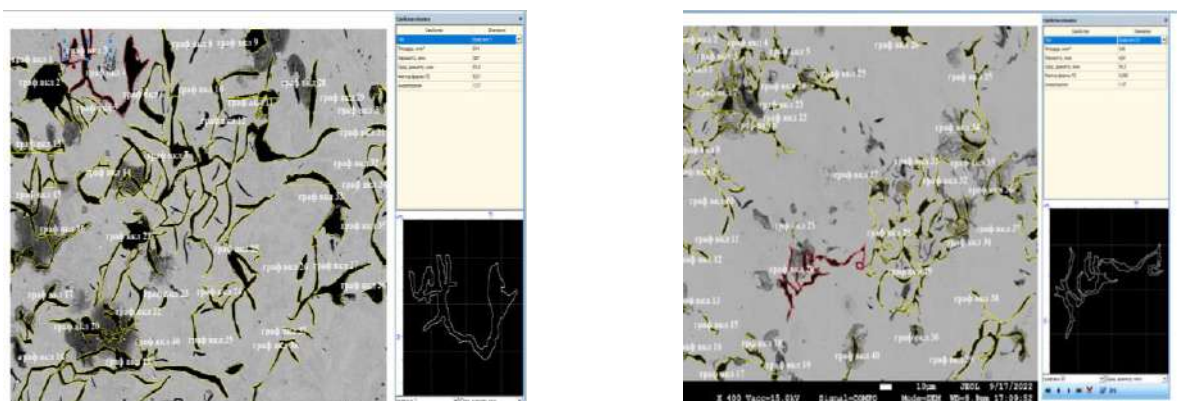


Рис. 2 – Примеры использования ПО Thixomet Pro для металлографического анализа

Таблица

Результаты металлографического анализа опытных образцов, полученных с помощью Thixomet Pro.

Образец	Количество модификатора, (TiC)%	Площадь графитных включений, мкм ²	Средний размер графитных включений, мкм	Фактор формы
1	0,3	5 399	136	0,063
2	0	10178	212	0,034

Как видно из данных таблицы введение карбида титана в количестве 0,3% по массе приводит к измельчению графитной фазы и упрощению формы графитных включений. Надо отметить, что общая площадь графитных включений уменьшилась почти в 2 раза, хотя состав сплава не изменился. Можно предположить, что либо некоторая часть углерода перешла в металлическую основу, либо уменьшение размеров графитной фазы привело к уменьшению площади графита в целом.

Заключение. Полученные результаты показали, что введение карбида титана в количестве 0,3% по массе приводит к значительному изменению характеристик графитной фазы: средний размер графитных пластинок уменьшился более, чем на 30%; площадь, занятая графитом сократилась почти в 2 раза, упростилась форма включений. Подобные изменения в структуре сплава после модифицирования, очевидно должны привести и к изменению свойств сплава, что и является следующим этапом исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. R. Dryden; G. R. Purdy The effect of graphite on the mechanical properties of cast irons// *Data Acta Metallurgica*, ISSN: 0001-6160, Vol: 37, Issue: 7, Page: 1999-2006.
2. K.Sertucha, J. Lacaze, J. Serrallach, J.Suarez, R.Osuna Effect of alloying on mechanical properties of as cast ferritic nodular cast irons // *Materials Science and Technology*, 2012,vol. 28 (№ 2). Pp. 184-191 ISSN 0267-0836.
3. A. P. Zykova//Effect of Ultradisperse TiO₂, ZrO₂, and Cryolite Powders on High-Chromium Cast Iron Hardening // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 2016, Vol. 80, iss. 11, P. 1317–1321.
4. Рудницкий Ф.И., Куликов С.А.//Модифицирование чугунов ультрадисперсными нанодобавками//*Литье и металлургия*, 2017, № 1 (86), стр.11-15
5. Borodianskiy K., Zinigrad M.// *Nanomaterials Applications in Modern Metallurgical Processes*// *Diffusion Foundations*, 2016, № 9, p. 30-41. doi: 10.4028/www.scientific.net/DF.9.30.
6. Bingxu Wang, Yu Zhang, Feng Qiu, Weiwei Cui, Zirui Hu, Gary C. Barber, Ming Hu// *Microstructure Refinement and Strengthening–Toughening Mechanisms of Gray Cast Irons Reinforced by In Situ Nanosized TiB₂–TiC/Al Master Alloy*//

7. Комаров О.С., Волосатиков В.И., Проварова И.Б.//Наноразмерные и ультрадисперсные частицы в литейных технологиях//Литье и металлургия, 2014, № 2, стр.42-46
8. A.Z. Issagulov, V. Yu. Kulikov, Kvon Sv.S., M. K.,Ye. P. Shcherbakova// Studying properties of chrome cast irons modified with titanium carbide// Metalurgija, 60 (2021) 3-4, 299-302, ISSN 0543-5846

REFERENCES

1. R. Dryden; G. R. Purdy The effect of graphite on the mechanical properties of cast irons// Data Acta Metallurgica, ISSN: 0001-6160, Vol: 37, Issue: 7, Page: 1999-2006.
2. K.Sertucha, J. Lacaze, J. Serrallach, J.Suarez, R.Osuna Effect of alloying on mechanical properties of as cast ferritic nodular cast irons // Materials Science and Technology, 2012,vol. 28 (№ 2). Pp. 184-191 ISSN 0267-0836.
3. A. P. Zyкова//Effect of Ultradisperse TiO₂, ZrO₂, and Cryolite Powders on High-Chromium Cast Iron Hardening // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics ,2016, Vol. 80, iss. 11, P. 1317–1321.
4. Рудницкий Ф.И., Куликов С.А.//Модифицирование чугунов ультрадисперсными нанодобавками//Литье и металлургия, 2017, № 1 (86), стр.11-15
5. Borodianskiy K., Zinigrad M.// Nanomaterials Applications in Modern Metallurgical Processes// Diffusion Foundations, 2016, № 9, p. 30-41. doi: 10.4028/www.scientific.net/DF.9.30.
6. Bingxu Wang, Yu Zhang, Feng Qiu, Weiwei Cui, Zirui Hu, Gary C. Barber, Ming Hu// Microstructure Refinement and Strengthening–Toughening Mechanisms of Gray Cast Irons Reinforced by In Situ Nanosized TiB₂–TiC/Al Master Alloy// Advanced Eng.Materials? 2022.v.24,iss 2
<https://doi.org/10.1002/adem.202100731>
7. Komarov O.S., Volosatikov V.I., Provorova I.B.//Nanoscale and ultrafine particles in foundry technologies//Casting and Metallurgy, 2014, No. 2, pp.42-46
8. A.Z. Issagulov, V. Yu. Kulikov, Kvon Sv.S., M. K.,Ye. P. Shcherbakova// Studying properties of chrome cast irons modified with titanium carbide// Metalurgija, 60 (2021) 3-4, 299-302, ISSN 0543-5846