

Научные тезисы

УДК 669.017.16

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ МЕДЬЮ

**Татьяна Дмитриева Тарасова, Роман Иванович Михалев,
Вадим Вячеславович Шмыголь**

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе исследовалось влияние модифицирования на чугуны, содержащие ~9 мас. % меди. Исследовалось влияние на структуру и механические свойства 0,3 мас. % NiMg (17 % Mg), РЗМ (цериевая группа) и SiCa.

Ключевые слова: чугун, медь, модифицирование, структура, твердость, предел прочности

Благодарности: научный руководитель — канд техн. наук Н. В. Степанова (stepanova@corp.nstu.ru)

Scientific thesises

MODIFICATION OF COPPER ALLOYED CAST IRONS

Tatiana D. Tarasova, Roman I. Mikhalev, Vadim V. Shmygol

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The work investigated the effect of modification on cast irons containing ~ 9 wt. % copper. The effect on the structure and mechanical properties of 0.3 wt. % NiMg (17 % Mg), rare earth metals (cerium group) and SiCa.

Keywords: cast iron, copper, modification, structure, hardness, tensile strength

Acknowledgments: scientific supervisor — Candidate of Technical Sciences N. V. Stepanova (stepanova@corp.nstu.ru)

Чугуны, легированные медью, являются одними из наиболее перспективных антифрикционных материалов для замены дорого-

стоящих бронз [1–4]. Повышение механических свойств чугунов возможно за счет модифицирования [5; 6]. Целью данного исследования является сравнительный анализ влияния на структуру и свойства чугуна, легированного медью разных модификаторов.

Чугун выплавлялся в индукционной печи, масса каждой отливки составляла 30 кг. Модифицирование производилось в форме в количестве 0,3 мас. %. Было отлито 4 образца (1 — NiMg (17 % Mg), 2 — PЗМ (цирковая группа), 3 — SiCa, 4 — контрольный образец, без модификатора). Был проведен изотермический отжиг (нагрев до 930 °С, выдержка в течение 2 часов с последующим охлаждением в печи). Целью термической обработки было снижение твердости, появление в структуре глобулярного перлита. Результаты химического анализа были получены на оптическом эмиссионном спектрометре “ARL 3460 *Quantris*”, производства “*Thermo Electron SA*” (Швейцария). В составе образцов содержится 3,4 % С, 1 % Mn, 0,4 % Si, 0,01 % S, 0,02 % P, 1,1 % Ni, 0,18 % Cr, 9 % Cu, 1,8 % Al, ост. Fe. В составе образца, модифицированного лигатурой на NiMg (17 % Mg) дополнительно присутствует 0,09 % Mg. Для анализа структуры использовался оптический микроскоп *Carl Zeiss Axio Observer Z1m*. Твердость по Бринеллю определялась по ГОСТ 9012–59. Одноосное статическое растяжение было проведено на универсальной сервогидравлической системе типа *Instron 300DX* производства “*Instron*”.

Сравнение структуры полученных образцов показано на рис. Структура контрольного образца соответствует серому чугуну, легированному ~9 мас. % меди. Методами оптической металлографии в структуре выявляются: вермикулярный графит, расположенный в междендритном пространстве с объемной долей 9...10 % и средней длиной пластинок; глобулярный перлит и шаровидные частицы ϵ -Cu с объемной долей 3...4 % и средним диаметром частиц ~39 мкм.

Модифицирование PЗМ и SiCa оказало незначительное влияние на фазу ϵ -Cu, выраженное в увеличении среднего размера частиц с ~39 до 47 мкм, в отличие от модифицирования лигатурой NiMg, при котором средний размер частиц фазы ϵ -Cu увеличился до ~70 мкм.

При введении PЗМ и SiCa заметных изменений в форме и распределении графита не произошло (рис. 1, б-г). При этом модифицирование лигатурой NiMg привело к образованию в структуре чугуна цементита и компактного графита со средним диаметром ~42 мкм и объемной долей ~5,5 % (рис. 1, а). Несмотря на термическую обработку, объемная доля цементита составила 22 %.

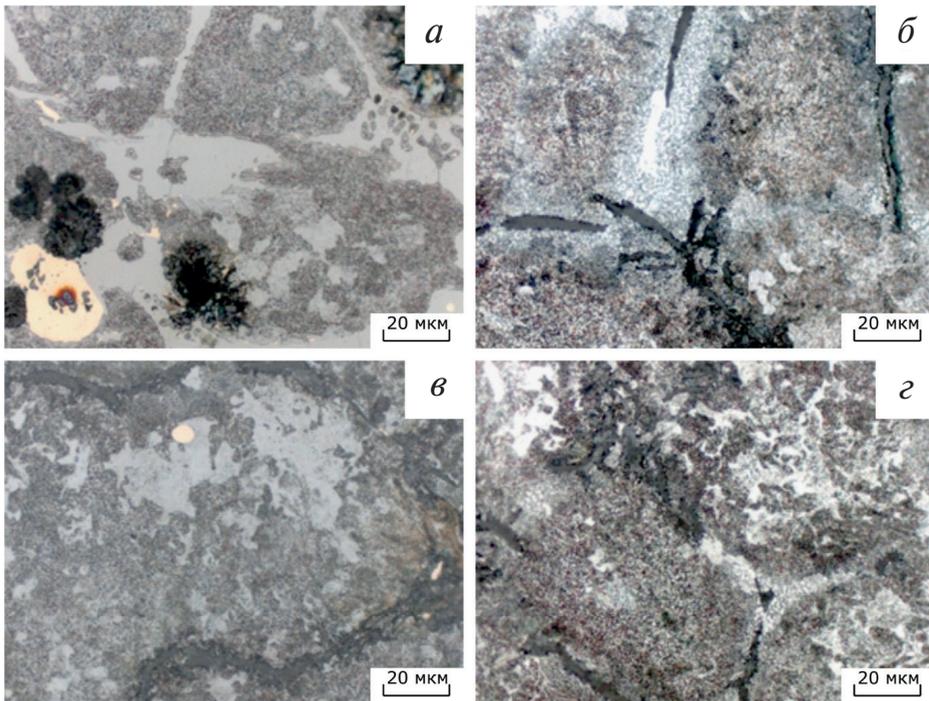


Рис. Влияние модификаторов на структуру чугуна:

a — 0,3 мас. % NiMg (17 % Mg); *б* — 0,3 мас. % РЗМ (цериевая группа);
в — 0,3 мас. % SiCa; *г* — контрольный

Цементит является твердой и хрупкой структурной составляющей. За счет образования цементита при модифицировании лигатурой NiMg твердость материала увеличилась на 40 %, а предел прочности при растяжении снизился на 20 %. Вероятно, увеличение среднего размера частиц фазы ϵ -Cu, обладающей низкой твердостью (~ 120 НВ), тоже оказало негативное влияние на прочность материала. Результаты твердости по Бринеллю и предела прочности при растяжении показаны в табл.

Таблица

Влияние модификаторов на механические свойства чугуна, легированного медью

Образец	1	2	3	4
Модификатор	NiMg (17 % Mg)	РЗМ (цериевая группа)	SiCa	Контр.
Твердость, НВ	269	201	187	192
Предел прочности при растяжении, МПа	167,1	240,2	235,6	210,7

Модифицирование РЗМ и SiCa привело к росту твердости и предела прочности материала. Это связано с увеличением микротвердости глобулярного перлита с ~400 HV у контрольного образца до ~500 HV у модифицированного РЗМ и до ~470 HV у модифицированного SiCa.

Выводы

Модифицирование 3 мас. % лигатуры NiMg (17 % Mg) чугуна, легированного 9 % меди с последующим графитизирующим отжигом приводит к изменению формы графита с вермикулярной на компактную. при этом происходит увеличение размера частиц фазы ϵ -Cu.

Наиболее высокие прочностные показатели были достигнуты при модифицировании чугуна, легированного 9 % меди при внутриформенном модифицировании РЗМ (предел прочности при растяжении возрос на 14 %, твердость увеличилась на 9 %).

Список источников

1. Медь в черных металлах / Под ред. И. Ле. Мэя, Л. М.-Д. Шетки : Пер. с англ. Под ред. О. А. Банных. М. : Metallurgia, 1988. 311 с.
2. Special Features of Precipitation of ϵ -Cu Phase in Cast Irons Alloyed with Copper and Aluminum / A. A. Bataev, N. V. Stepanova, I. A. Bataev, Y. Kang [et al.] // Metal Science and Heat Treatment 2018, № 60 (3–4), P. 150–157.
3. Composites of copper and cast iron fabricated via the liquid: In the vicinity of the limits of strength in a non-deformed condition / N. V. Stepanova, I. A. Bataev, Y. Kang, D. V. Lazurenko [et al.] // Materials Characterization. 2017. V. 130. P. 260–269.
4. Atomic diffusion behavior and diffusion mechanism in Fe–Cu bimetal casting process studied by molecular dynamics simulation and experiment / G. W. Zhang, Y. Y. Kang, M. J. Wang, H. Xu [et al.] // Materials Research Express. 2020. Vol. 7. № 096519. URL: <https://en.x-mol.com/paper/article/1309956831702126592> (дата обращения: 20.12.2021).
5. Andrey V. Sulitsin, Raisa K. Mysik, Sergey V. Brusnitsyn. Modification of Copper. Solid State Phenomena (Vol. 284), October 2018, P. 357–362.
6. Using of fine refractory powders in a casting technology of copper tips for oxygen converter tuyeres / A. N. Cherepanov, V. A. Kuznetsov, E. X. Sokolov, V. A. Poluboyarov [et al.] // International conference on the methods of aerophysical research, 28 June — 3 July, 2004, Novosibirsk, Russia. Proceedings Part III. Novosibirsk Publishing House «Nonparel», 2004. P. 28–31.

References

1. May I Le and Schetky L McD 1982 Copper in Iron and Steel (New York: Wiley Interscience).
2. Special Features of Precipitation of ϵ -Cu Phase in Cast Irons Alloyed with Copper and Aluminum / A. A. Bataev, N. V. Stepanova, I. A. Bataev, Y. Kang [et al.] // Metal Science and Heat Treatment 2018, № 60 (3–4), P. 150–157.
3. Composites of copper and cast iron fabricated via the liquid: In the vicinity of the limits of strength in a non-deformed condition / N. V. Stepanova, I. A. Bataev, Y. Kang, D. V. Lazurenko [et al.] // Materials Characterization. 2017. V. 130. P. 260–269.
4. Atomic diffusion behavior and diffusion mechanism in Fe–Cu bimetal casting process studied by molecular dynamics simulation and experiment / G. W. Zhang, Y. Y. Kang, M. J. Wang, H. Xu [et al.] // Materials Research Express. 2020. Vol. 7. № 096519. URL: <https://en.x-mol.com/paper/article/1309956831702126592> (дата обращения: 20.12.2021).
5. Andrey V. Sulitsin, Raisa K. Mysik, Sergey V. Brusnitsyn. Modification of Copper. Solid State Phenomena (Vol. 284), October 2018, P. 357–362.
6. Using of fine refractory powders in a casting technology of copper tips for oxygen converter tuyeres / A. N. Cherepanov, V. A. Kuznetsov, E. X. Sokolov, V. A. Poluboyarov [et al.] // International conference on the methods of aerophysical research, 28 June — 3 July, 2004, Novosibirsk, Russia. Proceedings Part III. Novosibirsk Publishing House «Nonparel», 2004. P. 28–31.