

**СЕКЦИЯ № 3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ И УСТАНОВКИ**

Руководитель:

Кувалдин Александр Борисович – доктор технических наук, академик АЭН РФ, профессор кафедры « Электроснабжение промышленных предприятий», НИУ «МЭИ», г. Москва

УДК 669.15:620.193

**УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ СТРУКТУРЫ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ В
ПРОЦЕССЕ РЕЦИКЛИНГА МЕТАЛЛООТХОДОВ**

Судник Л.В., Рудницкий К.Ф.

*Республика Беларусь, г. Минск, ОХП НИИ "Импульсных процессов с опытным
производством" ГНУ ИПМ*

Рудницкий Ф.И., Николайчик Ю.А.

Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский национальный технический университет,

В работе рассмотрены вопросы влияния модифицирования ультрадисперсными материалами на структуру и физико-механические сплавов.

Ключевые слова: сплав, модифицирование, структура

В технологии производства отливок из вторичных сплавов повышенное внимание к формированию первичной структуры весьма важно потому, что сформировавшаяся в результате кристаллизации структура, наследуется и после термической обработки.

Важнейшим технологическим приемом управления структурообразованием литых цветных и железоуглеродистых сплавов, обеспечивающим высокие служебные и эксплуатационные качества, является модифицирование расплава добавками различных элементов [2,4].

В настоящей работе проведены исследования влияния тонкодисперсных добавок на структуру и свойства некоторых литейных сплавов – антифрикционных на основе цинка, силуминов и быстрорежущей стали, предназначенной для изготовления литого режущего инструмента и технологической оснастки.

В качестве модифицирующих добавок для исследования их влияния на процесс структурообразования антифрикционного сплава системы цинк-алюминий-медь были выбраны наноструктурированные нитрид бора и одноводный гидроксид алюминия (бемит).

Анализ результатов металлографического анализа образцов исследуемого сплава (рисунок 1) показал, что вводимые нанодобавки кардинально меняют дисперсность, характер распределения и количественное соотношение структурных составляющих. Так при введении в расплав значительно увеличивается доля эвтектики, представляющей смесь двух твердых растворов. Особенно этот эффект проявляется при модифицировании нитридом бора и, в несколько меньшей степени, бемитом. В частности в структуре сплава обработанного нитридом бора фиксируется лишь небольшая доля (не более 10 %) первичных зерен α – твердого раствора, выстроенных в направлении осей дендритов. Установлено, что модифицирующий эффект нанодобавок проявляется как в инокулирующем, так и лимитирующем действии на кристаллизующийся расплав.

Одним из перспективных путей, связанным с существенным повышением механических и эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов, является модифицирование расплавов мелкодисперсными частицами порошков карбидов, оксидов, нитридов и др. Тугоплавкие частицы, которые в зависимости от своих размеров могут, как измельчать структурные составляющие и способствовать формированию новых, так и являться составной частью образующегося композиционного материала [3]. Применение недефицитных, дешевых и экологически безопасных порошковых добавок, например, на основе карбидов или оксидов в сочетании с традиционной рафинирующе-модифицирующей обработкой может обеспечить существенное повышение свойств литых изделий из вторичных алюминиевых сплавов. От размера частиц зависит преобладающий механизм влияния на формирование структуры и свойств алюминиевого сплава. Так, частицы размером до 0,1 мкм оказывают сильный модифицирующий эффект при введении в сплав в количестве сотых долей процента, а порошки размером 1 - 40 мкм наряду с модифицированием структуры формируют композиционный сплав с повышенной твердостью и износостойкостью. При большем размере, например, абразивных частиц SiC в материале могут возникнуть трудности с механической обработкой.

Из большого количества применяемых в качестве модифицирующих добавок (в основном карбидов и оксидов) для обработки сплава АК5М2 были выбраны порошки SiC и Al₂O₃, а для заэвтектического сплава АК21М2 - SiC, Al₂O₃, CuP, поскольку они оказывают различное влияние на структуру алюминиевых сплавов. Микроструктура

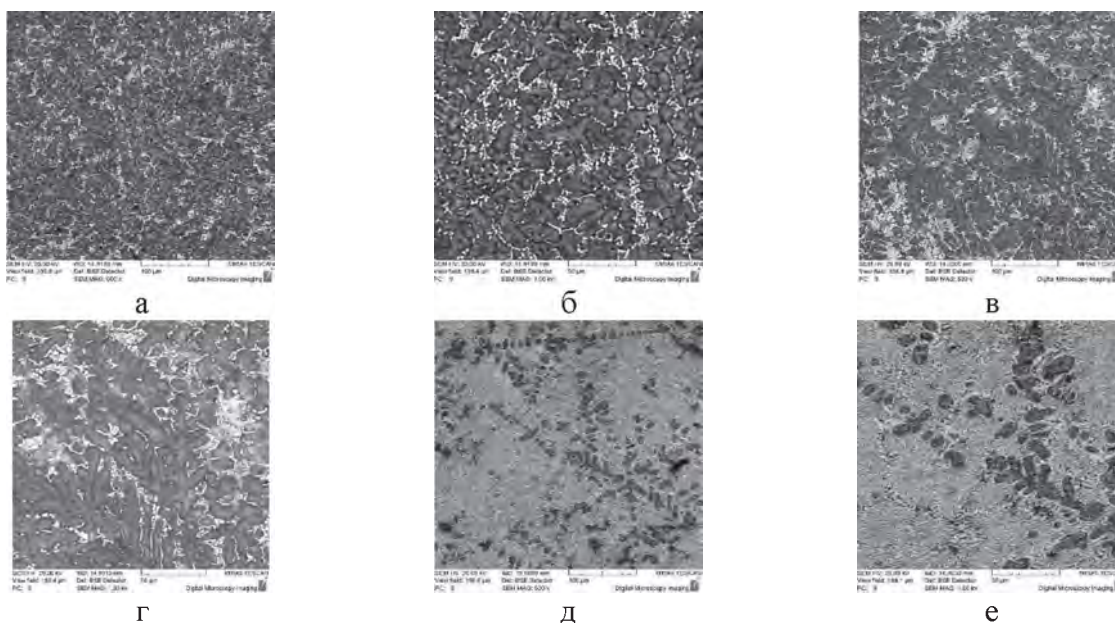


Рисунок 1 - Микроструктуры экспериментального антифрикционного сплава без добавок а, б - с добавкой (0,15 %) масс. наноструктурированного бемита; в, г - с добавкой (0,15 % масс.) нитрида бора; а, в, д - x 500; б, г, е - x 1000)

немодифицированного доэвтектического силуминов состоит из твердого раствора кремния в алюминии и эвтектики, в которой кремний находится в виде грубых игольчатых и пластинчатых включений, существенно снижающих прочность и пластичность сплавов. Поэтому модифицирование таких сплавов направлено в основном на измельчение эвтектического кремния. Так, в сплаве АК5М2 после ввода модифицирующих частиц происходит перераспределение структурных составляющих и диспергирование эвтектического кремния (рисунок 2). Иголочки эвтектического кремния дробятся и приобретают более компактную округлую форму, уменьшаются размеры дендритов α -твердого раствора алюминия [1].

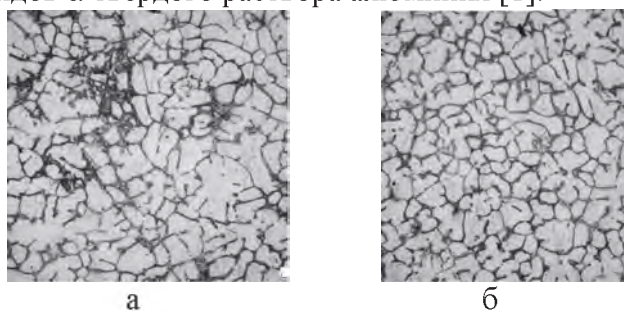


Рисунок 2 - Микроструктура доэвтектического силумина АК5М2, X 100
а) исходный; б) после введения модифицирующих частиц

На основании полученных результатов установлено, что введение модифицирующих порошковых добавок во вторичные алюминиевые сплавы способствует повышению физико-технических и эксплуатационных свойств сплавов. При этом твердость изученных сплавов повышается на 20 - 30 %, износостойкость - в 3 - 4 раза, прочность - на 15 -24 %.

В качестве модифицирующей добавки, обеспечивающий

комплексное воздействие на формирование структуры быстрорежущей стали выбран наноструктурированный диборид титана: бор, входя в состав эвтектики, повышает износостойкость, титан, являясь инокулирующим элементом – измельчает первичное зерно и увеличивает ударную вязкость. Комплексный модификатор помещали в специально предусмотренную реакционную камеру, форму и размеры которой в литниковой системе рассчитывали с учетом отливки.

Микроструктуры образцов немодифицированной стали Р6М5 базового состава приведены на рисунке 3. Для структуры стали характерно наличие непрерывной сетки ледебуритной эвтектики по границам первичных зерен. По морфологическому строению

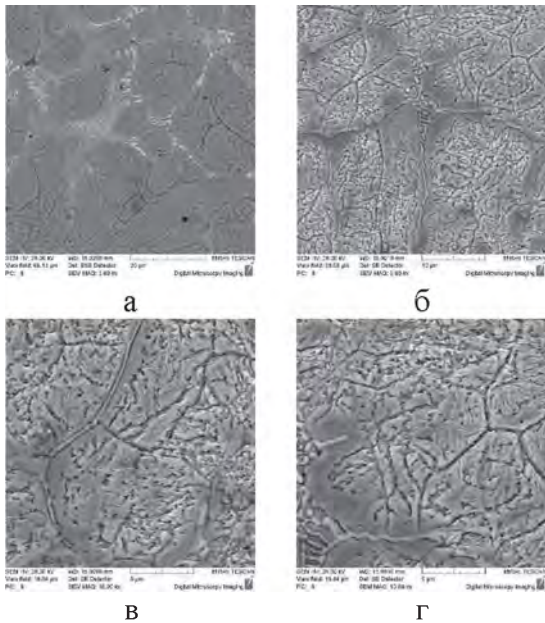


Рисунок 3 - Микроструктура образцов немодифицированной стали P6M5, залитых в форму из химически твердеющей смеси
а - x 250, б - x 500, в, г - x 1000

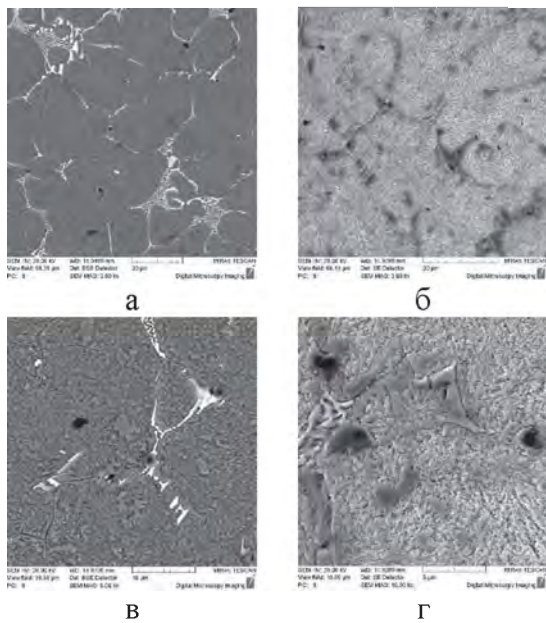


Рисунок 4 - Микроструктура образцов стали P6M5, модифицированной наноструктурированным диборидом титана
а, б - x 250; в - 500, г - x 1000

эвтектика преимущественно веерообразная или пластинчатая на базе карбидов M_2C и M_6C , в некоторых участках присутствуют карбиды MC в виде тонких сплошных пластин. По описанию структура образцов, полученных в данном эксперименте полностью соответствует структуре стали данного состава (0,8-0,88 % C, 3,8-4,3 % Cr; 5,5-6,5 % W; 4,5-5,5 % Mo; 1,87-2,1 % V), кристаллизующейся в условиях скоростей охлаждения 1-2 °C/c на стадии затвердевания, обеспечиваемых теплоаккумулирующей способностью формы из химически твердеющих смесей.

Микроструктуры образцов стали аналогичного состава (рисунок 4), модифицированной наноструктурированным диборидом титана свидетельствуют об изменении условий кристаллизации под воздействием модификаторов и формировании иного распределения структурных составляющих. В частности сетка эвтектики разрывается, ледебурит локализуется в отдельных участках. Появляются колонии эвтектики скелетообразного морфологического типа, характерные для стали P18 или борсодержащей стали. В центре первичных зерен фиксируются карбиды типа MC (VC , TiC). Сами первичные зерна более мелкие, преимущественно округлой формы. Изменение характера распределения структурных составляющих, а именно появление карбоборидной эвтектики по границам первичных зерен и карбидов на базе титана внутри них свидетельствует о том, что внутриформенные методы модифицирования могут быть использованы в технологических процессах получения заготовок литого режущего инструмента и технологической оснастки.

На основании проведенных исследований и опытных плавов инструментальных быстрорежущих сталей установлено, что наномодифицирование быстрорежущей стали сильными карбидообразующими элементами (титаном, бором) в установленных количествах

оказывает заметное влияние на морфологию структуры литой быстрорежущей стали, приводит к измельчению зерна (в 1,5-2 раза), раздроблению эвтектики, уменьшению количества неметаллических включений (в 1,5-2,5 раз) за счет инокулирующего, поверхностно-активного и рафинирующего воздействия. При этом повышается ударная вязкость в 1,2-1,3 раза и теплостойкость литой стали на 1-1,5 HRC.

Показана целесообразность оптимизации состава наномодифицирующего комплекса не только по свойствам стали, но и по стойкости литого инструмента. Определен состав наномодифицирующего комплекса, повышающий стойкость инструмента в 1,2-1,3 раза

Список литературы

1. Андрушевич, А.А. Влияние порошковых добавок на структуру вторичных заэвтектических силуминов [Текст] / А.А. Андрушевич, М.Н. Чурик, И.Н. Казаневская // Материалы МНТК «Металлургия и литейное производство, Беларусь, 2007». – Минск, 2007. – с.268-269.
2. Гаврилин, И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов [Текст] // Владимир: Владим. гос. уни-т, 2000. – 260с.
3. Марукович, Е.И. Повышение эффективности модифицирования [Текст] / Е.И. Марукович, В.Ю. Стеценко // Литье и металлургия. – 2006. – № 2. – с.151 – 153.
4. Чаус, А.С. Влияние модифицирования на структуру и свойства литых вольфрамомолибденовых быстрорежущих сталей [Текст] / А.С. Чаус, Ф.И. Рудницкий // МиТОМ. – 1989. – № 2. – с. 27-32.

Судник Лариса Владимировна, д-р техн.наук, ОХП НИИ "Импульсных процессов с опытным производством" ГНУ ИПМ, директор, Республика Беларусь, г. Минск, lsudnik@tut.by.

Рудницкий Федор Иванович, канд.техн.наук, Белорусский национальный технический университет, доцент, Республика Беларусь, г.Минск, stl_minsk@tut.by.

Рудницкий Константин Федорович, ОХП НИИ "Импульсных процессов с опытным производством" ГНУ ИПМ, вед. инженер, Республика Беларусь, г. Минск, 6987130@gmail.com.

Николайчик Юрий Александрович, канд.техн.наук, Белорусский национальный технический университет, зав. кафедрой «МиТЛП», Республика Беларусь, г.Минск, yuni@bntu.by.

CONTROL OF STRUCTURE FORMATION OF ALLOYS IN THE PROCESS OF METAL WASTE RECYCLING

Sudnik L.V., Rudnitski K.F.

Institute of Impulse Processes with Pilot Plant, Minsk, Belarus.

Rudnitski F.I., Nikolaichik Y.A.

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

The paper deals the influence of powder materials on the structure and physico-mechanical properties of the alloys.

Key words: alloy, modification, structure

Bibliography

1. Andrushevich, A.A., Vliyanie poroshkovykh dobavok na strukturu vtorichnykh zaehvtekticheskikh siluminov [Tekst] / A.A. Andrushevich, M.N. Churik, I.N. Kazanevskaya // Materialy MNTK «Metallurgiya i litejnoe proizvodstvo, Belarus', 2007». – Minsk, 2007. – s.268-269.
2. Gavrilin, I.V. Plavlenie i kristallizaciya metallov i splavov [Tekst] // Vladimir: Vladim. gos. uni-t, 2000. – 260s.
3. Marukovich, E.I., Povyshenie ehffektivnosti modifitsirovaniya [Tekst] / E.I. Marukovich, V.YU. Stecenko // Lit'e i metallurgiya. – 2006. – № 2, – s.151 – 153.
4. Chaus, A.S. Vliyanie modifitsirovaniya na strukturu i svojstva lityh vol'framomolibdenovykh bystrozrezhushchih stalej [Tekst] / A.S. Chaus, F.I. Rudnitski // MiTOM. – 1989. – № 2. – s. 27-32.

Sudnik Larisa Vladimirovna, DoES, Institute of Impulse Processes with Pilot Plant, director, Minsk, Belarus, lsudnik@tut.by.

Rudnitski Fedor Ivanovich, CoES, Belarusian national technical university, docent, Minsk, Belarus, stl_minsk@tut.by.

Rudnitski Konstantin Fedorovich, Institute of Impulse Processes with Pilot Plant, engineer, Minsk, Belarus, 6987130@gmail.com.

Nikolaichik Yuriy Alexandrovich, CoES, Belarusian national technical university, department chair, Minsk, Belarus, yuni@bntu.by.