

- (Metally), Vol. 2010, № 10, pp. 917–935.
2. E.A. Levashov, M.I. Petrzhik, M.Ya. Tyurina (Bychkova), F.V. Kiryukhantsev-Korneev, P.A. Tsygankov, and A.S. Rogachev. Multilayer nanostructured heat-generating coatings. Preparation and certification of mechanical and tribological properties // Metallurgist, Vol. 54, №. 9–10, 2011, pp.623-634.
 3. Панин В.Е., Сергеев В.П., Панин А.В. Наноструктурирование поверхностных слоев конструкционных материалов и нанесение наноструктурных покрытий. – Томск: изд-во ТПУ. – 2008. – 285 с.; 2-е издание с гриф. УМО ВУЗ РФ. – 2010. – 254 с.
 4. Абашин М.И., Барзов А.А., Галиновский А.Л., Шутеев В.А. Ультраструйная экспресс-диагностика материалов и изделий машиностроения//Научно-технические ведомости СПбГПУ.-2011.-М.: Изд-во СПбГПУ.-С.141-147.
 5. Барзов А.А., Галиновский А.Л. Технологии ультразвуковой обработки и диагностики материалов - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 246 с.
 6. Ускоренное определение параметров качества поверхностного слоя материала изделий по результатам воздействия на него сверхзвуковой струи жидкости Абашин М.И. автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.02.08, 05.02.11 / Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Москва, 2013.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗОК, НА СТАДИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПЕРЕДЕЛА

**Л.В. Судник¹, Ф.И. Рудницкий², К.Ф. Рудницкий¹,
Ю.А. Николайчик²**

¹ ОХП НИИ «Импульсных процессов с опытным производством»,

Республика Беларусь, г. Минск, ул. Платонова 12Б, к.307, lsudnik@tut.by

² Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Независимости 65, stl_minsk@tut.by

Качество и эксплуатационные показатели изделий, в том числе и для специальной техники, в первую очередь определяются качеством материала, из которого они изготавливаются. В большинстве случаев для обеспечения высоких эксплуатационных свойств изделий из металлических материалов используют легирующие элементы. В данной работе рассмотрены возможности управления

формированием структуры ряда сплавов на стадии металлургического передела путем введения в расплав ультрадисперсных и наноструктурированных добавок различных соединений, обеспечивающих микролегирующий и модифицирующий эффекты, что существенно снижает себестоимость изготовления изделий.

Сформировавшаяся в результате кристаллизации структура отливок наследуется и после термической обработки. В связи с этим в технологии производства отливок из вторичных сплавов формированию первичной структуры уделяется повышенное внимание.

Важнейшим технологическим приемом управления структурообразованием литых цветных и железоуглеродистых сплавов, обеспечивающим высокие служебные и эксплуатационные качества, является модифицирование расплава добавками различных элементов [1,2]. 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 в зависимости от дисперсности могут, как измельчать структурные составляющие и способствовать формированию новых, так и

являться составной частью образующегося композиционного материала [3]

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). Нитрид бора выбран на основании того, что бор по мнению ряда ученых является единственным элементом, способным проявлять модифицирующий эффект по отношению к цинку и сплавам на его основе. Бемит – минерал из класса гидроксидов с химической формулой $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ может быть модификатором алюминий содержащих структурных составляющих антифрикционного сплава (α – твердый раствор, продукты его распада).

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.

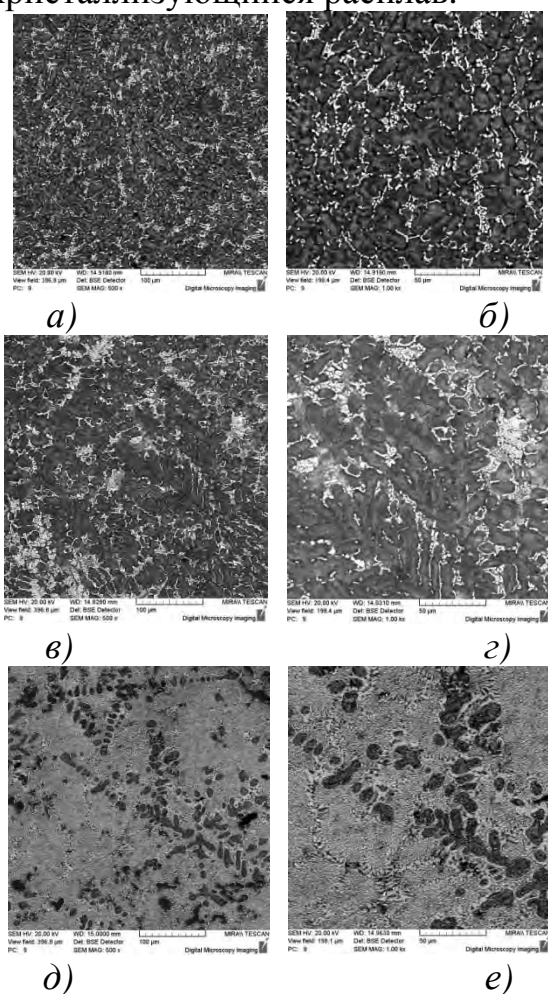
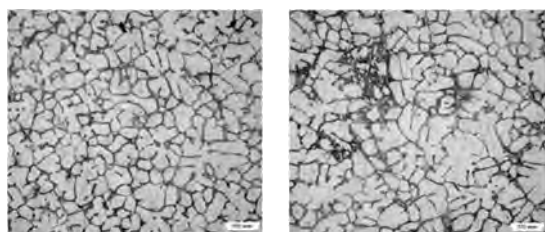


Рис. 1 - Микроструктуры экспериментального антифрикционного сплава без добавок (а, б), с добавкой (0,15 %) масс. наноструктурированного бемита (в, г), с добавкой (0,15 % масс.) нитрида бора (а, в, д – x 500; б, г, е – x 1000)

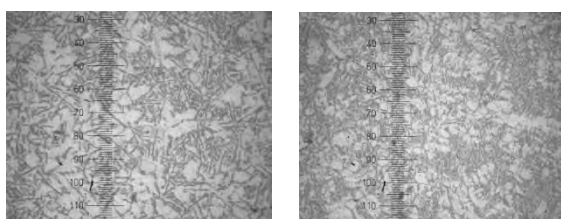
Исследование микроструктуры и свойств доэвтектического АК5М2 и заэвтектического АК21М2 силуминов, приготовленных из промышленных отходов, проводилось после комплексной рафинирующе - дегазирующей и модифицирующей обработок. На всех стадиях приготовления сплавов отливали образцы и пробы, а также вырезали образцы из кокильных отливок для определения химического состава, газовой пористости, неметаллических включений, изучения макро- и микроструктуры. Изучали изменение структуры, твердости, прочности, износостойкости.

Микроструктура 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). Иголки эвтектического кремния дробятся и приобретают более компактную округлую форму, уменьшаются размеры дендритов α -твердого раствора алюминия.



а) исходный; б) после введения модифицирующих частиц
 Рис. 2 - Микроструктура доэвтектического силумина АК5М2, х 100

В заэвтектических силуминах модифицированием уменьшают размеры включений первичного кремния β_{Si} - фазы, что ведет к повышению прочности сплава, улучшению качества поверхности после механообработки и снижению износа режущего инструмента. В связи с этим рекомендуется обеспечивать в структуре включения первичного кремния площадью не выше 3600 мкм^2 ; чем меньше размер β_{Si} - фазы, тем выше прочность и пластичность сплава.



а) исходный; б) после введен инокуляторов (3 % SiC, размер зерен < 40 мкм)

Рис. 3 – Микроструктура заэвтектического силумина АК21М2 X 200

В заэвтектическом силумине АК21М2 содержащем 21 % Si (рисунок 3), микроструктура образца после введения 3 % SiC с размерами зерен меньше 40 мкм

представляет собой поле более дробной эвтектики с большим количеством первичного кремния, но более мелких размеров, чем в исходном сплаве. Так, если в исходном образце (рисунок 3, а) средняя площадь включений первичного кремния в центре отливки составляет 1600 мкм^2 , то после введения инокуляторов (рисунок 3, б) максимальная площадь включений не превышает 780 мкм^2 . Следует отметить, что с увеличением размеров зерен модифицирующих частиц модифицирующий эффект снижается, так как при одинаковом количестве вводимого порошка во фракции до 40 мкм содержится во много раз больше активных частиц.

Так как твердость вводимых частиц существенно выше твердости алюминиево-кремниевой матрицы, то с увеличением количества зерен наблюдается заметный рост твердости сплавов. Например, в исследованном диапазоне при 5 % содержании SiC или Al_2O_3 твердость сплава АК5М2 возрастает соответственно на 26 и 20 %, а сплава АК21М2 – на 31 и 26 %.

Изменение прочности исследуемых сплавов при растяжении от количества вводимых добавок SiC и Al_2O_3 и от размера их частиц зависит как от количества, так и от размеров вводимых частиц. Наибольшее повышение прочности наблюдается, когда масса вводимых частиц инокуляторов составляет 0,7 – 2,0 % от массы матричного сплава. К примеру, для сплава АК21М2 при введении 1 % SiC зернистостью

менее 40 мкм предел прочности σ_B на 24 % выше, чем матричного сплава. При увеличении содержания частиц свыше 3 - 3,5 % прочность становится ниже уровня прочности матричного сплава. Для доэвтектического сплава АК5М2 при введении 4 % Al_2O_3 зернистостью менее 40 мкм это снижение составило 21 %, а с частицами SiC – 8 %.

В результате исследований было установлено, что карбид кремния оказывает более сильное влияние, чем оксид алюминия на прочность как доэвтектического, так и заэвтектического силуминов, что очевидно, вызвано более существенным измельчением добавками SiC эвтектического и первичного кремния по сравнению с таким же количеством вводимого в сплав оксида алюминия. Получено также, что порошки меньшей зернистости более эффективны для повышения прочности сплава из-за большего модифицирующего влияния на их структуру.

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 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилин И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов. – Владим. гос. уни-т, Владимир, 2000. – 260с.
2. Чаус А.С., Рудницкий Ф.И. Влияние модифицирования на структуру и свойства литых вольфрамомолибденовых быстрорежущих сталей. МиТОМ, 1989 г., № 2, с. 27-32.
3. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Повышение эффективности модифицирования. // Литье и металлургия. 2006 № 2, с.151 – 153.

РАЗРАБОТКА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ НАНЕСЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ СИСТЕМЫ

И.Н. Кравченко, М.А. Глинский

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.

Тимирязева, РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

kravchenko-in71@yandex.ru, maximagl@yandex.ru

Применение технологий специальных свойств нанесения защитных покрытий поверхностному слою деталей является одним из наиболее аэрокосмической техники. В ракетно-космической и авиационной технике (рис.1)