



Повышение качества и свойств многокомпонентных сплавов модифицированием тонкодисперсными композициями

Приведено влияние нанодисперсных тугоплавких модификаторов на свойства алюминиевых и жаропрочных никелевых сплавов. Разработана технология модифицирования многокомпонентных сплавов порошковыми наноконпозициями. Достигнуто повышение механических свойств исследуемых сплавов. Предложено теоретическое обоснование наномодифицирования, изучены структурные особенности модифицированных сплавов. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: *алюминиевый сплав, никелевый сплав, модификатор, нанодисперсная композиция, механические свойства, структура*

Shows the influence of nanosized refractory modifiers on properties of aluminum and heat-resistant nickel alloys. The technology of multi-component alloys modification of the nanocomposite powder. Achieved by improving the mechanical properties of the alloys. A theoretical justification nanomodifitsirovaniya, studied the structural features of the modified alloys.

Keywords: *aluminum alloy, nickel alloy, a modifier nanodispersnyimi composition, mechanical properties*

Постановка задачи

Разработка изделий ответственного назначения для металлургии и машиностроения ставит задачи повышения механических свойств, жаропрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости и эксплуатационных свойств конструкционных материалов.

Деформируемые алюминиевые сплавы применяют для изготовления деталей сложной конфигурации, имеющих высокие показатели механических свойств в термически обработанном состоянии, высокую коррозионную стойкость и малый удельный вес, что обуславливает их перспективность для современного машиностроения.

Однако недостаточная технологичность при литье и механической обработке сдерживает широкое применение алюминиевых сплавов как конструкционных материалов. Низкая технологичность объясняется повышенным газосодержанием и наличием хрупких и труднорастворимых фаз $FeAl_3$, Mg_2Si , $MgZn_2$, выделяющихся в виде крупных скоплений и часто образующих сплошную сетку в структуре, которые служат причиной трещинообразования при литье слитков и фасонных отливок [1].

Возрастающие требования к надежности и ресурсу работы деталей авиа- и турбостроения предопределяют разработку качественно новых материалов и технологий. Наиболее широко применяются жаропрочные и жаростойкие многокомпонентные никелевые сплавы с высоким уровнем структурной термостабильности [2]. Однако непрерывно усложняющиеся условия работы агрегатов требуют повышения механических и эксплуатационных характеристик. Одним из способов измельчения структурных составляющих сплавов на макро- и микроуровне является

модифицирование многокомпонентных сплавов тонкодисперсными композициями [3].

Целью работы является разработка технологии модифицирования алюминиевых и никелевых сплавов тонкодисперсными композициями для повышения качества и свойств отливок и деформируемых заготовок. В данной работе применено модифицирование алюминиевых сплавов АМг6, 01570 и жаростойкого никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ.

Результаты исследования и их анализ

В [4, 5] показана возможность применения дисперсных и тонкодисперсных тугоплавких модификаторов в литейных алюминиевых и никелевых сплавах. В данной работе применяли модифицирование алюминиевых сплавов тонкодисперсными композициями на основе карбида кремния SiC и никелевых сплавов – тонкодисперсным карбонитридом титана $Ti(CN)$ с размером частиц 50-100 нм. Химический состав исследуемых сплавов приведен в табл. 1, 2.

Важным фактором, который характеризует способность модифицирующего элемента влиять на зарождение и рост кристаллов, является критерий растворимости в металлической матрице. Активный модификатор должен располагаться по границам зерен сплава, а не входить в их состав. При этом модификатор не должен образовывать собственные кластеры, а располагаться между кластерами расплава.

Исходя из перечисленных критериев, наилучшими модификаторами для алюминиевых и никелевых сплавов, имеющих гранецентрированную кубическую решетку (г.ц.к.), являются тугоплавкие композиции на основе $\beta-SiC$ и $Ti(CN)$ также с г.ц.к. решеткой. При этом расхождение атомных радиусов металличе-

Таблица 1. Химический состав алюминиевых сплавов

Марка сплава	Содержание элементов, %, масс.									
	Al	Mg	Mn	Cu	Si	Zn	Be	Zr	Sc	Fe
АМг6	основа	5,80-6,80	0,50-0,80	0,10	0,4	0,2	0,0002-0,0050	–	–	0,4
01570	основа	5,80-6,80	0,15-0,35	0,05-0,15	0,4	0,2	< 0,001	0,05-0,15	0,20-0,45	0,4

Таблица 2. Химический состав жаропрочного никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ

Марка сплава	Содержание элементов, % масс.									
	Al	Ti	Cr	Mo	W	Co	Fe	Mn	Si	Ni
ЖСЗДК-ВИ	4,0-4,8	2,5-3,2	11,0-12,5	3,8-4,5	3,8-4,5	8,0-10,0	≤2,0	≤0,4	≤0,4	Основа

ской матрицы и модификатора минимально.

Тонкодисперсные модификаторы получали методом плазмохимического синтеза с варьированием температурно-временного режима и состава газоплазменного потока. Определяли удельную поверхность полученных тугоплавких соединений. Особенности размерно-кристаллографических параметров изучали методами электронной микроскопии и дифракционного анализа. Для предотвращения окисления разработана методика плакирования порошков с целью их длительного хранения [4].

Эффект получения тонкодисперсных соединений на основе титана и кремния методом плазмохимического синтеза обусловлен высокими скоростями объемной конденсации газоплазменного потока. Это приводит к нестабильному состоянию частиц: уменьшению параметров кристаллической решетки по сравнению с массивными соединениями, изменения параметров от центра к поверхности частиц, вследствие максимального сжатия поверхностного слоя.

Дисперсность частиц определяет свойства системы: модификатор-расплав и количественно характеризуется линейными размерами и удельной поверхностью частиц. Удельная поверхность частиц $S_{уд}$ выражается уравнением

$$S_{уд} = S_{1-2} / \gamma V,$$

где S_{1-2} – поверхность между фазами 1 и 2 (межфазная поверхность модификатор-среда); γ – плотность тонкодисперсного соединения; V – объем тонкодисперсной фазы.

По величине удельной поверхности тонкодисперсные системы занимают особое положение среди дисперсных систем. Если удельная поверхность в молекулярных системах, например, в истинных растворах, отсутствует, так как молекулы не обладают поверхностью в обычном представлении, то удельная поверхность грубодисперсных систем очень мала. Лишь гетерогенные тонкодисперсные системы с размером частиц 10-100 нм имеют сильно развитую удельную поверхность. Благодаря большой удельной поверхности тонкодисперсных систем, для них огромное значение имеют адсорбция и поверхностные явления, в то время как поведение грубодисперсных и молекулярных систем определяется в основном объемными свойствами.

Роль тонкодисперсных добавок сводится к созда-

нию в расплаве дополнительных искусственных центров кристаллизации. Для этого они должны быть соразмерны с критическими зародышами и обеспечивать достаточное их количество для получения в отливке мелкодисперсной структуры.

Анализ микродифракционных картин кристаллов β -SiC позволил установить, что по своей кристаллической структуре они относятся к кубической сингонии с размером при $a = 4,36 \text{ \AA}$. Сопоставление изо-

бражений частиц β -SiC с их микродифракционными картинками показало, что основной габитусной плоскостью является базисная плоскость (0001), а огранка осуществляется плоскостями семейства {1010}. При контакте с атмосферой на поверхности частиц формируются окислы, подобные цветам побежалости на поверхности массивных твердых тел. На начальной стадии окисел не является стехиометрическим и не обладает характерной для него кристаллической решеткой, образуя «псевдоаморфную» оболочку. В табл. 3 приведены кристаллогеометрические параметры исследованных тонкодисперсных модификаторов.

Разработан технологический процесс модифицирования алюминиевых сплавов АМг6, 01570 и никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ. Для удобства введения модификаторов в расплав в работе использован способ таблетирования порошков SiC и Ti(CN). Для алюминиевых сплавов на пресс-автомате ударного действия изготовили прессованные таблетки из смеси порошков SiC фракцией 50-100 нм и порошков алюминия фракцией до 100 мкм [5]. Для модифицирования никелевого сплава таблетки получали из порошков Ti(CN) фракции 50-100 нм.

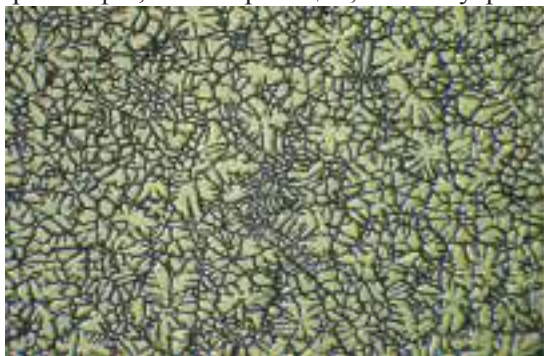
Таблица 3. Характеристики кристаллических решеток тонкодисперсных модификаторов

Формула соединения		Элементарная ячейка	Период решетки, нм	
			A	C
SiC	α	гексагональная и ромбоэдрическая	0,308	1,004
	β	Кубическая	0,436	–
TiC		Кубическая	0,432	–
TiN		Кубическая	0,422	–
Ti(CN)		Кубическая	0,426	–

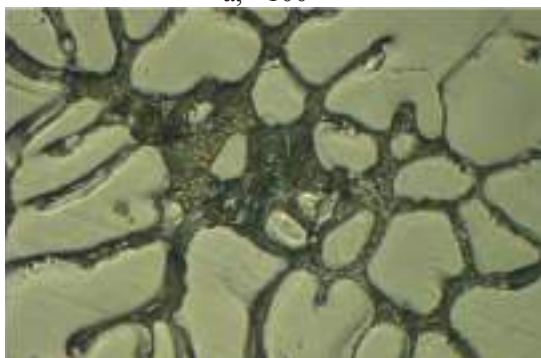
Плавку алюминиевых сплавов проводили в промышленной электропечи САТ-0,16. Содержание газов в сплавах определяли с помощью технологических проб. Результаты оценки проб показали, что модифицирование алюминиевых сплавов АМг6 и 01570 обеспечивает снижение газосодержания с 3 до 1 балла пористости по ДСТУ 2839-94.

Микроструктура сплава АМг6 в исходном состоянии представлена дендритами алюминиевого α -твердого раствора, наблюдаются грубые зоны срастания дендритных ветвей с участками эвтектик (рис. 1а, б). В модифицированных образцах дендритная

ликвация менее выражена. Наблюдаются включения дисперсных фаз, как по границам, так и внутри зерен.



а, ×100



б, ×1000

Рис. 1. Микроструктура сплава АМг6

Макроструктура немодифицированного никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ крайне неоднородна по сечению образца, имеет ярко выраженное грубое строение (рис. 2а). В результате модифицирования получена сравнительно однородная структура, достигнуто измельчение зерна в 5-8 раз (рис. 2б).



а



б

Рис. 2. Макроструктура никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ, х 50: а – в исходном состоянии, б – после модифицирования

На рис. 3 приведены результаты механических испытаний алюминиевых сплавов до и после модифицирования тонкодисперсными композициями. Достигнуто значительное повышение прочностных и пластических характеристик: σ_B – на 7,3 %; σ_T – на 4,9 %; δ – на 12,4 %.

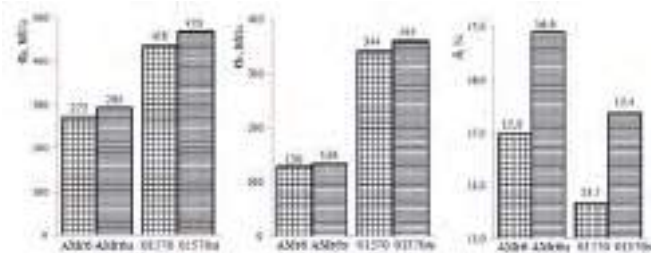


Рис. 3. Механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов до и после модифицирования (м – модифицированный сплав)

На рис. 4 приведены показатели механических свойств никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ до и после модифицирования. Достигнуто значительное повышение прочностных и пластических свойств: σ_B – на 9,3 %; σ_T – на 12,9 %; δ – на 21,2 %.

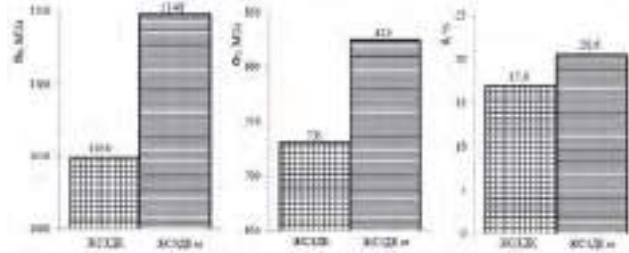


Рис. 4. Механические свойства жаропрочного никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ до и после модифицирования (м – модифицированный сплав)

Выводы

Обоснован выбор типа модификатора, способ его таблетирования. Для алюминиевых сплавов рекомендован тонкодисперсный карбид кремния β -SiC, для никелевых сплавов – тонкодисперсный карбонитрид титана Ti(CN) фракцией 50-100 нм.

Проведены экспериментальные плавки алюминиевых сплавов АМг6, 01570 и никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ с обработкой тонкодисперсными модификаторами. В модифицированных сплавах получено значительное измельчение дендритной и зеренной структуры. В результате модифицирования достигнуто повышение механических свойств:

- Для алюминиевых сплавов, σ_B – на 7,3 %; σ_T – на 4,9 %; δ – на 12,4 %.
- Для никелевых сплавов, σ_B – на 9,3 %; σ_T – на 12,9 %; δ – на 21,2 %.

Библиографический список

1. К вопросу об усвояемости тугоплавких соединений жидкими алюминиевыми сплавами / К.В. Михаленков, Д.Ф. Чернега, В.Г. Могилатенко // Процессы литья. – 1996. - № 1. – С. 3-10.
2. Авіаційно-космічні матеріали та технології / В.О. Богуслав, О.Я. Качан, Н.Е. Калініна та ін. – Запоріжжя: Мотор Січ, 2009. – 385 с.

3. Наноматериалы и нанотехнологии: получение, строение, применение. Монография / Н.Е. Калинина, В.Т. Калинин, З.В. Вилищук, А.В. и др. - Днепрпетровск: Изд-во Маковецкий, 2012. – 192 с.

4. Пат. РФ 2069702, МКИ 6 С21 С1/00. Модификатор / Калинин В.Т., Шатов В.В., Комляков В.И. – № 93030977; заявл. 01.03.93; опубл. 27.11.96, Бюл. № 33.

5. Пат. Украины на корисну модель № 71677,

МПК С22С1/00 Таблетований модификатор для обработки алюминієвих сплавів / Н.Є. Калініна, З.В. Вилищук, О.А. Кавац, О.В. Калінін. - № u 201115055; заявл. 19.12.20011; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

Поступила 13.03.2013

УДК 621.774.38:620.187

Наука

Большаков Вл.И. /д.т.н./, Дергач Т.А. /к.т.н./
ГВУЗ «ПГАСА»

Панченко С.А., Балев А.Е.
ЧАО «СЕНТРАВИС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН»

Управление процессами структурообразования при изготовлении горячепрессованных труб из ферритно-аустенитных сталей

Установлены закономерности процессов структурообразования при изготовлении в ЧАО «СЕНТРАВИС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН» горячепрессованных труб из коррозионностойких ферритноаустенитных сталей и разработаны научно обоснованные технологические мероприятия, обеспечивающие совершенствование структуры и повышение коррозионной стойкости и эксплуатационной надежности труб. Ил. 10. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: коррозионностойкие ферритно-аустенитные стали, горячепрессованные трубы, микроструктура, интерметаллидная σ - фаза, коррозионная стойкость

Common factors of structure formation in relation to production of hot extruded tubes of corrosion-resistant ferritic-austenitic steel grades by CENTRAVIS PRO-DUCTION UKRAINE PJSC were established as well as science-based technological measures ensuring improvement of structure, corrosion resistance and operation re-liability of tubes were developed.

Keywords: corrosion-resistant ferritic-austenitic steel grades, hot-extruded tubes, microstructure, intermetallic σ -phase, corrosion resistance

Введение

За последние десятилетия в различных отраслях промышленности и в строительстве существенно расширилось применение металлопродукции из коррозионностойких хромоникелевых и хромоникельмолибденовых ферритно-аустенитных (дуплексных и супердуплексных) сталей, легированных азотом [1-5], которые были разработаны как эффективные заменители более дорогостоящих аустенитных сталей.

ЧАО «СЕНТРАВИС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН» («СПЮ»), Никополь, является единственным предприятием в Украине и СНГ, выпускающим трубы из указанных сталей (табл. 1) для внутреннего рынка и на экспорт.

В связи с несомненными достоинствами ферритно-аустенитных сталей: экономичностью, высокой коррозионной стойкостью в ряде агрессивных сред, высокой прочностью, хорошей технологичностью и свариваемостью, а также низким коэффициентом теплового расширения, – объемы их производства и области потребления непрерывно увеличиваются.

Для обеспечения высокой надежности и конкурентоспособности труб из ферритно-аустенитных сталей на мировом рынке на заводе совместно с учеными-материаловедами постоянно проводятся работы по совершенствованию структуры и качественных

характеристик указанных труб с целью удовлетворения растущих требований промышленности.

Процесс изготовления труб из коррозионностойких ферритно-аустенитных сталей включает технологические операции, оказывающие существенное как положительное, так и отрицательное, влияние на их структуру и комплекс свойств.

Целью работы явилось повышение коррозионной стойкости и конкурентоспособности горячепрессованных труб из ферритно-аустенитных сталей на основе изучения процессов структурообразования и управления структурой при их изготовлении.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследование трубной заготовки

Исследования более 100 партий трубных заготовок \varnothing 180-270 мм из различных ферритно-аустенитных (дуплексных и супердуплексных) сталей разных плавок, включающие анализ химического состава, микроструктуры и стойкости к питтинговой коррозии, показали следующее.

Трубные заготовки, как правило, характеризуются неоднородной структурой с чередующимися участками деформированных ферритной и аустенитной фаз (рис. 1а) и наличием неблагоприятных интерметаллидных фаз (рис. 1б-г).