

УДК 669.046+669.168:669.018.44

О. А. Глотка, д-р техн. наук А. Д. Коваль, канд. техн. наук В. Л. Грешта

Запорізький національний технічний університет

ПРО ОЦІНКУ РОЗПОДІЛУ ВОЛЬФРАМУ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЛІГАТУРАХ ТА ЖАРОМІЦНОМУ СТОПІ НА НІКЕЛЕВІЙ ОСНОВІ

Оцінено розподіл легувальних елементів в експериментальних лігатурах та жароміцному стопі на нікелевій основі ЗМ-ЗУ. Досліджено хімічний склад лігатур по перетину виливниці. Встановлено, що використання лігатур для легування жароміцного стопу не призводить до значної ліквідації вольфраму.

Ключові слова: вольфрам, лігатури, жароміцний стоп на нікелевій основі, розподіл легувальних елементів.

Витоплення металів відповідального призначення, до яких відносяться ливарні жароміцні стопи на нікелевій основі, в вакуумних індукційних печах (ВІП) обумовлено особливими перевагами цього способу в порівнянні з іншими методами. Використовуючи ВІП можливо отримувати стопи, що містять активні елементи, та забезпечувати контроль шкідливих домішок, які впливають на експлуатаційні властивості. Іншою перевагою є те, що при витопленні рідкий метал переміщується примусово електромагнітними полями, це дає змогу отримати рівномірність розподілу легувальних елементів по перетину тигля і, як наслідок, по перетину деталі.

Згідно з вимогами ВІАМ витоплення стопів проводиться з використанням чистих шихтових елементів (чистих металів) з обмеженим вмістом домішок кольорових металів. Що призводить до висування високих вимог до якості матеріалів, які використовуються [1]. Це призводить до збільшення часу витоплення, що викликано тривалим розчиненням шихти. Саме заміна чистих елементів лігатурами може підвищити швидкість розтоплення, рівномірність розподілення та знизити вартість стопу.

Таким чином постає задача у визначенні розподілу легувальних елементів як в експериментально витоплених лігатурах [2,3], так і в готовому жароміцному ливарному стопі [4], що характеризує ліквідаційні явища і вплив домішок, які присутні в експериментальних лігатурах, та анізотропію властивостей стопу.

Матеріали та методика дослідження

Легування жароміцного стопу на нікелевій основі виконується експериментальними лігатурами, які витоплені з використанням важкотопкого брухту [2, 3], з середнім вмістом вольфраму 30, 50 та 70 %(мас.), решта нікель (таблиця 1).

Жароміцний ливарний стоп ЗМІ-ЗУ витоплювався в індукційній вакуумній печі УППФ-ЗМ з

залишковим тиском 0,266 Па при температурі 1600 °С. В шихтовій заготовці проводили заміну вольфраму на експериментальні лігатури, технологію при цьому не змінювали. Заливання металу проводили при температурі 1550 °С в керамічні форми, нагріті до 900 °С (зразки діаметром 12 мм та довжиною 60 мм).

Оскільки визначення вмісту вольфраму при його кількостях більш ніж 18 % (мас.) неможливо за допомогою спектрометра (обумовлено відсутністю ГОСТованих еталонів), то дослідження розподілу легувальних елементів проводили на растровому електронному мікроскопі JEOL JSM-6360LA, який оснащений системою рентгеноспектрального енергодисперсійного мікроаналізу при прискорювальній напрузі від 15 до 30 кВ та силі струму зонда від 4 μА до 30 μА у вторинних та відбитих електронах. Кількісний мікрорентгеноспектральний аналіз виконано при порівнянні отриманих спектрограм з еталонами. Зразки перед випробуванням механічно шліфували та полірували.

Розподіл хімічних елементів по об'єму зливка визначався при вертикальному та горизонтальному розрізах по центральній осі. При цьому, було обрано чотири характерні точки, які найбільш віддалені одна від іншої і максимально характеризують явища ліквідації (рис. 1). Площа, з якої отримували характеристичне випромінення, складала 2 × 2 мм.

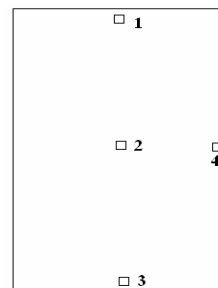


Рис. 1. Розташування точок на зливку, в яких визначали хімічний склад

Результати дослідження та їх обговорення

Відповідно до аналізу отриманих результатів слід зазначити, що в стопі з 30 % вольфрамового брехту-залізо 3-4,9-12,13-34,35-36,39-52,59-66,70-71,79-84,95-100,103-104,107-110

спостерігаються ліквацийні явища із підвищенням кількості вольфраму в вершині зливку. Це може бути викликано тим, що завантаження брехту здійснювалося на завершальній стадії витоплення, тобто він знаходився на поверхні шихти. Подібний розподіл вольфраму спостерігається і в лігатурі з 50 % брехту.

Лігатура з 70 % вольфраму-залізо має знижену кількість вольфраму в вершині зливку і дещо збільшується в нижній частині. Висувається припущення, що вольфрам, як тугоплавкий елемент, розчиняється в останню чергу, тому він при розчиненні заліза та нікелю поступово занурився на донну частину зливку де і відбулося його розтоплення. Таким чином, розподіл вольфраму по об'єму зливка залежить не тільки від розташування його в шихті, а і від кількості його в стопі. Зростання об'ємної частки вольфраму призведе до більш рівномірного розподілення по зливку

лігатури.

В стопі із 30 % вольфрамового брехту-нікель маємо підвищену кількість вольфраму в нижній частині зливку. Це може бути викликано тим, що завантаження брехту здійснювалося в першу чергу, тобто він знаходився на дні олундового муфелю. Схожий розподіл вольфраму спостерігається і в лігатурі з 70 % брехту.

Лігатура з 50 % брехту має знижену кількість вольфраму в вершині та нижній частині зливку і дещо збільшується в середній частині. Такий розподіл є нехарактерний для лігатур як заліза, так і нікелю з брехтом. Висувається припущення, що збільшення вольфраму в середній частині зливку може бути викликано перемішуванням розплаву лігатури при витопленні електромагнітним та механічним способами.

Таким чином, розподіл вольфраму залежить від способу завантаження шихти під час витоплення лігатури та від способу і інтенсивності перемішування розтопу.

Від розподілу елементів залежать механічні властивості стопу, його жаростійкості та жароміцності властивості. Тому легувальні елементи повинні рівномірно розподілятися по об'єму зливку і рівномірно утворювати зміцнюючі фази. Розподіл легувальних елементів по висоті зливку жароміцного корозійностійкого стопу ЗМІ-ЗУ^Е, який витоплювався з використанням експериментальних лігатур важкотопкий брехт-нікель, приведено в таблиці 2.

Таблиця 1 – Хімічний склад лігатур в певних точках зливку

Номер точки	Хімічний склад (% мас.)					
	Fe	Ni	W	Fe	Ni	W
Лігатура Fe -30%W			Лігатура Ni-30%W			
1	58,53	3,75	37,72	2,49	64,61	32,90
2	65,77	4,28	29,95	2,33	63,47	34,19
3	61,25	3,78	34,97	2,99	60,91	36,10
4	66,51	3,80	29,70	2,46	62,60	34,94
Лігатура Fe - 50%W			Лігатура Ni- 50%W			
1	33,57	3,85	62,58	3,56	47,25	49,19
2	39,25	4,32	56,43	2,90	35,85	61,25
3	46,42	5,77	47,81	3,27	42,81	53,92
4	40,78	4,28	54,97	4,17	50,77	45,06
Лігатура Fe – 70% W			Лігатура Ni – 70% W			
1	20,53	7,12	72,35	4,43	26,87	68,70
2	20,19	6,23	73,58	5,61	19,84	74,55
3	19,99	6,27	73,74	5,32	15,30	79,38
4	21,58	7,45	70,97	5,76	18,61	75,63

Таблиця 2 – Хімічний склад жароміцного корозійностійкого ливарного стопу ЗМІ-ЗУ^Е на нікелевій основі в верхній та нижній частині зливку

Номер зразка	Масова частка елементів, %								
	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	W	Всього, %	
Верхня частина зливку	1	2,82	4,83	17,99	6,23	59,96	1,84	6,32	100
	2	2,93	4,39	17,08	5,65	62,22	1,33	6,40	100
Нижня частина зливку	1	2,37	5,34	17,27	5,3	60,5	1,55	7,12	100
	2	2,80	5,01	18,03	5,99	60,66	0,94	6,58	100

Таким чином, за результатами проведеного дослідження можна стверджувати, що хімічний склад по перетину зливка у витопленому з використанням експериментальних лігатур корозійностійкому жароміцному стопі ЗМІ-3У знаходиться в межах марочного складу, визначених ТУ481.981.6.00009. Але спостерігається тенденція до підвищення кількості вольфраму в нижній частині зливку, що характерно для елементів з великою густиною та негативним коефіцієнтом ліквідації. Саме використання термічної обробки та лігатур, а не чистих елементів, при легуванні, дає змогу отримати рівномірний розподіл елементів, в межах марочного складу.

Висновки

1. Встановлено розподіл вольфраму по перетину виливки експериментальних лігатур. Ліквідація вольфраму спостерігається в залежності від послідовності завантаження при витопленні і від інтенсивності перемішування.

2. Виявлено, що ліквідація вольфраму по перетину зливка експериментального стопу не виходить за рамки, встановлені ТУ481.981.6.00009,

що в свою чергу повинно обумовлювати збереження комплексу механічних властивостей та показників жароміцності на рівні, характерному для стопу ЗМІ-3У промислового способу витоплення.

Перелік посилань

1. Каблов Е. Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технологии, покрытия) / Е. Н. Каблов. – М. : МИСИС, 2001. – 632 с.
2. Глотка О. А. Виготовлення Ni-W лігатури для легування стопів на основі нікелю / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 1. – С. 139–142.
3. Глотка О. А. Використання важкотопкого брукту для виготовлення Fe-W лігатури / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 2. – С. 164–170.
4. Глотка О. А. Дослідження впливу легування важкотопким бруктом на структуру та властивості жароміцного сплаву / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, Ю. М. Внуков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – № 1. – С. 45–51.

Поступила в редакцію 24.12.2010

Глотка А.А., Коваль А.Д., Грешта В.Л. Об оценке распределения вольфрама в экспериментальных лигатурах и жаропрочном сплаве на никелевой основе

Оценено распределение легирующих элементов в экспериментальных лигатурах и жаропрочном сплаве на никелевой основе ЗМИ-3У. Исследовано химический состав лигатур по сечению изложницы. Выявлено, что использование лигатур для легирования жаропрочного сплава не приводит к существенной ликвации вольфрама.

Ключевые слова: вольфрам, лигатуры, жаропрочный сплав на никелевой основе, распределение легирующих элементов.

Glotka O., Koval A., Greshtha V. About estimation assignment tungsten in experiment master alloy and heat resisting alloy on nickel basis

Distribution of alloying elements in experimental master alloy and a heat resisting alloy on nickel basis ЗМИ-3У is estimated. It is investigated chemical compound of ligatures on mold section. It is revealed that use of ligatures for alloying of a heat resisting alloy doesn't lead essential liquation tungsten.

Keywords: tungsten, master alloy, heat resisting alloy on nickel basis, distribution of alloying elements.