

УДК 669.187.526.002.6

ЯКІСТЬ ТУГОПЛАВКИХ СТАЛЕЙ, ВИПЛАВЛЕНИХ В ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІЙ ПЕЧІ З ПРОМІЖНОЮ ЄМНІСТЮ

Т. В. Вовк

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Досліджено якість тугоплавких сталей, які виплавлено в електронно-променевій печі з проміжною ємністю на прикладі жароміцної сталі ЕП674(08X15H25T2M2ФЮР). Вивчені процеси рафінування і кристалізації. Проведена оцінка забрудненості неметалевими включенням.

Исследовано качество тугоплавких сталей, выплавленных в электронно-лучевой печи с проемкостью на примере жаропрочной стали ЕП674(08X15H25T2M2ФЮР). Изучены процессы рафинирования и кристаллизации. Проведена оценка загрязненности неметаллическими включениями.

Quality of the refractory steels melted in the electron beam furnace with intermediate capacity on an example of heat resisting steel ЕП674 (08X15H25T2M2ФЮР) is investigated. Refinement and crystallisation processes are studied. The analysis of nonmetallic inclusions present in the alloys was contacted.

Досягнення в розвитку ядерної енергетики, авіакосмічної техніки, газотурбобудування і цілого ряду інших галузей промислового виробництва були б неможливими без створення нових матеріалів, яким притаманні ті чи інші спеціальні властивості. До таких матеріалів необхідно віднести леговані сталі, сплави на основі нікелю, високо реакційні і тугоплавкі метали та їх сплави.

Отримати такі матеріали і забезпечити їх високу якість стало можливим тільки з появою процесів спеціальної металургії. Серед них електронно-променева плавка є найбільш ефективним методом для виготовлення спеціальних сталей і сплавів на основі тугоплавких металів. Висока ефективність процесів спеціальної металургії визначається, перш за все, тим, що їх застосування найбільш повно дозволяє вирішувати задачу отримання злитка з мінімальною хімічною і фізичною неоднорідністю, що забезпечує експлуатаційну надійність і довговічність виробів самого відповідального

призначення. Крім цього, забезпечується висока чистота металу по вмісту газів, шкідливих домішок і неметалевих включень.

Необхідний рівень чистоти зливка забезпечується завдяки присутності рафінуючого середовища (вакуум) і водоохолоджуваної виливниці. Структурування зливка визначається в основному марочним складом сплаву, теплофізичними умовами його кристалізації, а також вмістом в ньому домішок.

Широкі можливості по рафінуванню металу і регулюванню нагріву поверхні зливка металу в кристалізаторі забезпечує електронно-променева плавка (ЕПП), завдяки застосування незалежного джерела нагріву – електронного променя. Використання ЕПП з проміжною ємністю (ЕППЄ) дозволяє збільшити термін реагування фази метал - рафінуюче середовище, підвищити ефективність рафінування розплаву металу і забезпечити його подачу в кристалізатор необхідними порціями із заданою частотою. ЕППЄ дозволяє розділити процеси плавки і кристалізації і, таким чином, в широких межах змінювати умови нагріву металу в кристалізаторі при незмінній технологічній продуктивності перепау.

Вивчення процесів рафінування і кристалізації при електронно-променевому перепау, проводили на установці модульного типу, що оснащена проміжною ємністю на прикладі жароміцної сталі ЕП674(08X15H25T2M2ФЮР). Дану сталь застосовують для виготовлення найважливіших вузлів газотурбінних установок. Її хімічний склад приведений в таблиці 1. Вона відноситься до класу аустенітних жароміцних сталей, які зміцнюються за рахунок утворення в структурі карбідів та інтерметалідів і характеризується високою жароміцністю при температурі до 600°C, в той час є погано зварюваною. По своїм властивостям близька до сплавів на нікелієвій основі.

Проблема отримання якісного зливку із сталі ЕП674 пов'язана із забезпеченням його хімічної і структурної однорідності, що виключає термічне розтріскування при нагріві і куванні.

Таблиця 1. Хімічний склад сталі ЕП674

Стан металу		Вміст елементів, мас.%									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Mo	V	Fe
ТУ	min			1.2	14.0	24.0	1.9		1.1	0.2	осн.
	max	0,08	0.7	1.7	16.0	26.0	2.4	0.3	1.6	0.4	

Формування зливка в процесі ЕППЄ здійснювалось методом пошарового затвердіння невеликих порцій рідкого металу, які періодично подавалися із проміжної ємності в кристалізатор. Дефіцит тепла в кристалізатор компенсувався підігрівом по визначеному закону, а плавлення

заготовки і підігрів металу в проміжній ємності здійснювався безперервно чотирма електронними гарматами.

В якості заготовки для переплаву використовувалися куски некондиційних дисків газотурбінних установок, які по механічним характеристикам не відповідали вимогам експлуатації. Хімічний склад вихідних заготовок сталі ЕП674 і зливків після ЕППЄ приведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Хімічний склад сталі ЕП674 до і після ЕППЄ

Стан металу	Вміст хімічних елементів, мас.%									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Mo	V	Fe
Вихідний	0,058	0,6	1,5	14,8	24,5	2,3	0,18	1,5	0,18	осн.
ЕППЄ	0,056	0,4	0,25	14,5	25,5	2,5	0,12	1,5	0,25	осн.

З приведених даних випливає, що в процесі ЕППЄ проходять значні втрати марганцю – більше 80 %, в меншій кількості хрому – 2 %, внаслідок їх випаровування. Компенсувати втрати марганцю на випаровування і забезпечити у границях марочного складу в сталі можливо шляхом до легування через шар шлаку, що наведений в проміжній ємності.

Макроструктура складається із дрібних рівновісних кристалів, які мають середній розмір – 0,5 ... 1,0 мм, без елементів спрямованої кристалізації (стовбчасті кристали відсутні). Утворення дефектів, які обумовлені процесами зростання твердої фази і ліквацийними процесами (плямиста ліквация, сегрегація різного виду, поруватість), в досліджених зливках не було виявлено.

Мікроструктура сталі ЕП674 ЕППЄ аустенітна, має щільну, переважно рівновісну дендритну структуру. Твердість металу 170...180 НV.

Після ЕППЄ природа (якісний склад) неметалевих включень не змінилася, при цьому зменшилась їх кількість і суттєво знизився вміст великих включень.

Оцінка забрудненості неметалевими включеннями представлена середнім балом, як середньоарифметична із максимальних оцінок для окремих образків (табл.3).

Таблиця 3. Степінь забрудненості неметалевими включеннями

Образок	Оцінка забрудненості нітридами, бал	
	максимальний	середній
вихідний	2	1,5
після ЕППЄ	1	0,7

Одночасно покращилися характеристики зварюваності сталі після ЕППЄ, а показники механічних характеристик і довгочасна міцність приблизилися до вимог, що регламентовані технічними умовами (таблиці 4 і 5).

Таблиця 4. Механічні властивості сталі ЕП674 ЕППЄ

Місце вирізки образків	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCV, Дж/см ²
Основний метал(прокат)	1074,1	691,9	33,2	41,0	140
Зварні з'єднання	967,3	748,0	12,6	40,3	60,9
ТУ 14-1-2902-80	>930	>635	>22	>25	>63,7

Результати проведених досліджень свідчать про те, що застосування електронно-променевого переплаву з проміжною ємністю сприяє зниженню забрудненості сталі неметалевими включеннями. При цьому підвищення чистоти металу, гомогенності хімічного складу і структури приводить до покращення властивості деформації заготовок, а отриманий метал після ЕППЄ задовольняє вимогам технічних умов на поставку крупно габаритних виробів.

Таблиця 5. Довготривала міцність сталі ЕП674 після ЕППЄ

Місце вирізки образків	σ_b , МПа	T, °C	τ , год.	Примітка
Основний метал(прокат)	656,6	550	309	
			405	
			410	
Зварні сполучення	656,6	550	91	Руйнування в зоні біля зварного шву
			92	
			61	
ТУ 14-1-2902-80	656,6	550	100	

Література

1. Электронно-лучевая плавка / Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Козлитин Д.А. и др./ Наукова думка.-1997., 265с.
2. Электронно-лучевая плавка металлов / Калугин А.С./ М.: Металлургия, 1980. – 168с.
3. Получение мелкокристаллических гомогенных слитков при ЭЛП с промежуточной емкостью / Б.Е. Патон, А.Л.Тихоновский, Д.А.Козлитин и др. / Проблемы Спецелетрометаллургии. – 1990.- №1 – с.57-61.

Filename: Vovk_article
Directory: C:\Mykhalenkov\Articles
Template: C:\Documents and Settings\Mykhalenkov\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: Швидкий розвиток нових галузей техніки пов'язаний з
неперервним розширенням розробки і застосуванням в промисловості
констру
Subject:
Author: Баранов
Keywords:
Comments:
Creation Date: 08/04/2008 11:44 AM
Change Number: 22
Last Saved On: 02/06/2008 11:00 AM
Last Saved By: Kostyantyn Mykhalenkov
Total Editing Time: 78 Minutes
Last Printed On: 02/06/2008 11:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 4
Number of Words: 1,151 (approx.)
Number of Characters: 6,565 (approx.)