

Волкотруб М.П., Прилуцький М.І., Роздобудько І.В.

(НТУУ «КПІ», м. Київ)

ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВИЛИВКІВ ЗА ГАЗИФІКОВАНИМИ МОДЕЛЯМИ З ХРОМОНІКЕЛЕВИХ СТАЛЕЙ

Основним напрямком удосконалення будь-якого виробництва являється модернізація відомих і створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалів, покращити умови праці, підвищити ефективність виробництва і якість продукції.

У зв'язку з цим все більш широке застосування знаходить спеціальна електрометалургія.

Одним із провідних методів виготовлення деталей являється лиття за моделями, що газифікуються, в основі якого лежить процес отримання виливків шляхом заповнення форми рідким металом, виплавленим методом електрошлакової технології.

Метою даної роботи є розроблення електрошлакової технології отримання виливків із сталі 10X18H10TЛ за газифікованими моделями, яка б дозволяла отримати метал високої якості. Як об'єкти досліджень вибрані виливки, отримані за газифікованими моделями з відходів.

Електрошлакова технологія (ЕШТ) була розроблена близько 50 років тому в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. Тепер ця технологія відома металургам усього світу. Складовою її частиною є нові технологічні процеси одержання литих виробів, які забезпечують підвищення якості металу при одночасному зниженні трудомісткості і собівартості виготовлених виробів, а також покращення умов праці на машинобудівних підприємствах.

В електрошлаковому металі значно знижується вміст шкідливих домішок, газів і неметалевих включень. Так, вміст сірки при електрошлаковому переплаві може бути зменшено, в залежності від складу флюсу і вихідного вмісту сірки в металі, в межах від 1,5 до 5 разів. Вміст кисню зменшується в 1,5...2,5 рази, азоту – 1,1...1,5 рази. В результаті інтенсивної десульфурзації і зниження вмісту газів у зливках електрошлакового переплаву різко зменшується загальна кількість неметалевих включень. Електрошлакова сталь відрізняється високою чистотою по сульфідним і оксидним включенням. При електрошлаковому переплаві шлак є не тільки рафінувальним, але й захисним середовищем. Відсутність контакту рідкого металу з атмосферою при ЕШП обумовлено наявністю на його поверхні рідкої шлакової ванни.

Для виготовлення виливків з використанням електрошлакової технології, зазвичай, використовують електрошлакову тигельну плавку з сифонним зливанням металу з тигельної печі для запобігання потрапляння шлаку в ливарну форму.

Електрошлаковий процес може починатися як на рідкому, так і на твердому старті. Рідкий старт потребує додаткового плавильного устаткування для розплавлення та нагрівання шлаку і подальше його заливання в плавильний тигель електрошлакової установки.

Твердий старт полягає в тому, що початок процесу і наплавлення мінімальної металевої і шлакової ванни ведуть в дуговому режимі з подальшим його переведенням в електрошлаковий.

Режим плавки вибирають у кожному конкретному випадку з урахуванням марки сплаву, типу флюсу й періодичності роботи печі. Перегрівання металу перед заливанням у форму повинно бути на 100...150 °С вищим за температуру ліквідус. Шлак перед розливанням розігрівають до температури, яка на 100...200 °С більша за температуру металу, для чого в кінці плавки підвищують напругу або переходять на роботу з невитратним електродом. Для ЕШП металу використовують установку А-550 з трансформатором ТШС-3000-1.

В останні часи серед перспективних технологічних процесів ливарного виробництва широке розповсюдження одержує лиття за газифікованими моделями (ЛГМ). Процес

забезпечує більшу свободу проектування виливків будь-якої конфігурації за рахунок зняття обмежень, які накладаються формою і стрижнем, за уклонами, роз'ємами, габаритами і таке інше.

Метод лиття за газифікованими моделями у всіх його різновидах відрізняється від всіх відомих способів наявністю не видаленої моделі в формі в період її заливання. Газифікована модель розкладається під дією теплоти розплавленого металу з утворенням твердої, рідкої та парогазових фаз продуктів деструкції, які і визначають особливості заповнення форми, її газовий режим і умови формування якісного виливка.

Сталь 10X18H10TЛ є неіржавкою, жароміцною, аустенітною сталлю. З підвищенням температури (від 500 до 800 °С), вмісту вуглецю і збільшенням тривалості витримки при нагріванні розклад аустеніту збільшується, що різко погіршує стійкість сталі проти міжкристалітної корозії. У зв'язку з цим, хромонікелеву сталь 10X18H10TЛ обов'язково використовують у виробках, які працюють при невисоких температурах, не допускають їх нагрівання до небезпечного температурного інтервалу або роблять повторне гартування на аустеніт, знижують вміст вуглецю в сталі і в присадочних матеріалах при зварюванні. Ця сталь дуже чутлива до сірки, яка при підвищеному вмісті утворює сульфіди нікелю, які розміщуються на межах зерен і різко знижують стійкість до міжкристалітної корозії.

Процес лиття за газифікованими моделями включає операції виготовлення, складання, фарбування пінополістиролових моделей, формовки, заливання, вилучення виливків, охолодження та регенерації формувальних матеріалів. Спочатку виконується підготовка полістиролу, для цього гранульований полістирол спінюють в ручному підспінювачі, в нашому випадку це відбувалось 8 хвилин, бо об'ємна маса полістиролу не повинна перевищувати 25 кг/м³. Вироблення моделей із спіненого пінополістиролу відбувається через 12...24 годин, для цього пінополістирол за допомогою ежектора задувають в прес-форму. Потім спікають в автоклаві при температурі 110...120 °С, тиску – 1,5...2,5 атм. Час спікання залежить від розміру деталі, від товщини стінки, від марки полістиролу. В нашому випадку, спікання відбувалось 3 хвилини і потім прес-форму охолоджували у воді. Після цього пінополістиролові моделі фарбуються протипригарними фарбами (водний розчин оксиду цинку) товщиною 0,4...0,8 мм. Протипригарні фарби готують у фарбозмішувачах і наносять на моделі пензликами. Сушка відбувається в сушильних шафах, де повітря нагрівається до температури 60...70 °С, з примусовим переміщенням повітря по об'єму сушильної камери. Потім, при необхідності, моделі разом з ливниково-живильною системою складають у блоки для подальшого заливання.

Формовка блоку фарбованих пінополістиролових моделей проводиться шляхом установки його в контейнер, котрий засипається кварцовим піском без зв'язувального компонента, та підлягає віброущільненню. Після ущільнення кварцового піску верхня частина контейнера герметизується поліетиленовою плівкою, і на стоек встановлюється ливникова чаша. Форма перед заливанням підлягає вакуумуванню. Після заливання металу, форма протягом 2...10 хвилин додатково вакуумується.

Після відключення вакууму від форми виливки в ній охолоджуються ще протягом 10...30 хвилин. Після закінчення циклу охолодження виливків контейнер обертають на 180° і виливки та пісок вилучають із нього без здійснення традиційної операції вибивки.

Надалі пісок піддається охолодженню і регенерації на установці термічної регенерації піску типу РКС, а виливки поступають на фінішні операції.

Процес електрошлакового тигельного переплаву забезпечує практично повну відповідність хімічного складу початкового металу і металу після переплаву (табл. 1, 2). Виключення складає сірка, вміст якої в ході електрошлакового тигельного переплаву суттєво зменшується. В процесі плавки угару піддається титан, із-за цього ми проводимо долегування титаном до потрібного хімічного складу.

Таблиця 1 – Хімічний склад початкової сталі 10X18H10TЛ, % мас.

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
10X18H10TЛ	0,08	0,72	1,68	17,74	10,09	0,48	0,020	0,040

Таблиця 2 – Хімічний склад сталі 10X18H10TЛ після ЕШТП, % мас.

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
10X18H10TЛ	0,11	0,70	1,70	17,80	10,03	0,52	0,003	0,026

Оскільки вуглець і сірка змінили свій вміст, а вони суттєво впливають на механічні властивості сталі, то доцільно їх дослідити.

Сталь 10X18H10TЛ, виплавлена із відходів електрошлаковим переплавом, має високі механічні властивості (табл. 3).

Таблиця 3 – Механічні властивості сталі 10X18H10TЛ після термічного оброблення

Температура, °С	20	100	200	300	400	500	600	650	700
σ_b , МПа	655	510	465	450	445	430	360	355	275
σ_s , МПа	310	245	205	220	220	210	210	195	210
КСУ, кДж/м ²	2500	-	3700	-	3170	3650	3600	-	3400
$E \cdot 10^{-3}$, МПа	2,02	1,98	1,93	1,85	1,77	1,69	1,60	1,55	1,50

При електрошлаковому переплаві хімічний склад сталі практично не змінюється, однак за рахунок очищення від неметалевих включень, шкідливих домішок і газів відбуваються суттєві зміни: покращується мікроструктура зливка, збільшується густина металу, знижується воднепроникність. Одночасно із зменшенням складу неметалевих включень, зменшується схильність сталей, і в першу чергу високолегованих, до появи тріщин.

Електрошлаковий процес дозволяє отримати метал високої якості:

- зменшується вміст сірки в металі до тисячних долей;
- збільшуються фізико-механічні властивості, хімічна та структурна однорідність, великий запас в'язких і пластичних властивостей, що забезпечують при тій же системі легування і при тому ж хімічному складі металу можливість отримання високих показників міцності, недосяжних при інших технологіях;
- добра поверхня виливків;
- відсутність типових для виливків дефектів у вигляді пористостей, нещільностей, усадкових раковин.