

Швидкісне охолодження збільшує розчинність легувальних елементів у алюмінії та кремнії. Зокрема, при $V_{\text{охол.}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}/\text{c}$ (1% Fe) в твердому розчині на основі алюмінію виявлено, мас. %: Si – 2,29; Cu – 0,75; Ti – 0,21. У кремнії – 2,53 мас. % Al, тоді як у рівноважному стані – <0,05%. Можна стверджувати, що розширення області твердих розчинів на основі алюмінію та кремнію в литому стані стане додатковим фактором підвищення механічних властивостей заевтектичних силумінів при їх подальшій термічній обробці.

Література:

1. Таран Ю.М., Мазур В.И. Структура эвтектических сплавов. – М.: Металлургия, 1978. – 312 с.

Пригунова А.Г.¹, Цуркін В.М.², Шейгам В.Ю.¹, Шеневідько Л.Г.¹ Вернидуб А.Г.¹
(¹ФТИМС НАН України, м. Київ; ²ІПТ НАН України, м. Миколаїв)

ВПЛИВ ВІБРУЮЧОГО СТРИЖНЯ В НАДЛИВІ НА ПЕРЕМІШУВАННЯ РОЗПЛАВУ

E-mail: adel_nayka@ukr.net

Сучасні способи отримання литих виробів з максимальним подрібненням кристалічної структури передбачають застосування зовнішніх впливів на рідкий та тверднучий метал, серед яких: теплові, барометричні, електромагнітні, гравітаційні, механічні, високоенергетичні. З позицій ефективності та економічності виробництва представляє інтерес комбінація методів регульованого тепловідведення і вібраційної низькочастотної обробки, які мають істотний вплив на процеси тверднення. Передача імпульсу рідкому або тверднучому металу через стінку ливарної форми пов'язана з енергетичними втратами. Тому найбільш вигідним є спрямування імпульсу безпосередньо до розплаву через занурений в нього вібруючий хвилевід. Реалізація такого способу дозволяє використовувати його для отримання виливків в піщано-глинистих формах, які легко руйнуються.

Тверднення виливків в таких формах супроводжується живленням їх рідким металом з відкритим надливом.

У роботі [1] вивчено можливість управління структурою виливка через відкриту поверхню надливу з використанням віброуючого кристалізатора, зануреного в поверхневий шар розплаву у формі з низькими теплофізичними характеристиками. Фізичне моделювання, проведене на сплаві органічної речовини: камфен – 90%, трициклен – 10%, дозволило спостерігати та фіксувати зародження, зростання кристалів на нерухомому сталевому кристалізаторі, заглибленому на 8-10 мм під дзеркало розплаву. А також зародження, зростання та відрив кристалів від кристалізатора, який вібрував з частотою 50 Гц та амплітудою 0,5 мм, осідання їх на дно форми під дією сил гравітації з утворенням «конуса осадження», що створює відповідні умови для формування дрібнокристалічної структури при твердненні.

Перевірку встановлених при фізичному моделюванні закономірностей здійснено на розплавленому алюмінію А7 з використанням аналогічних режимів вібрації у ливарній формі з волограну, теплопровідність якого становить 0,16 Вт/(м·К), теплоємність 1,185 кДж/(кг·К). Дві серії експериментів, проведених в умовах природного охолодження від температури 670 °С на повітрі з нерухомим і віброуючим кристалізатором, показали, що обробка металу, що твердне, віброуючим кристалізатором сприяє 16-кратному зменшенню розміру макрозерна в порівнянні з виливками, отриманими при об'ємному твердненні в відсутності кристалізатора. Присутність у розплаві нерухомого кристалізатора призводить до зменшення щільності виливка на 0,42%, віброуючого – до збільшення щільності на 1,2%. Використання віброуючого кристалізатора забезпечує підвищення характеристик міцності в 1,87 рази в порівнянні з виливками, отриманими у волограновій формі без кристалізатора і при його нерухомому положенні. Пластичність зразків при цьому підвищується більш ніж у 3 рази.

Суттєвим фактором впливу на процес тверднення та структуру виливка має гідродинамічне перемішування усього об'єму розплаву, яке виникає при вібрації

кристалізатора в його поверхневому шарі. Для визначення ефективних параметрів оброблення в роботі проведено оцінку цього впливу.

Обурення від вібруючого кристалізатора поширюється в частині розплаву, що не затвердіває, у вигляді усіченого конуса 1, аналогічно тому, як це спостерігається при ультразвуковій, електрогідроімпульсній і магнітно-імпульсній обробці [2, 3] (рис. 1). З рівняння Бернуллі випливає умова перебігу розплаву в «трубі змінного перерізу» (конусі):

$$P \cdot V \cdot S = \text{const.} \quad (1)$$

Тобто, питома потужність ($P \cdot V = W$) у конусі з відстанню (від торця до низу) падає за законом:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{S_2}{S_1}, \quad (2)$$

де індекс 1 відноситься до вершини конуса, а індекс 2 – до його основи.

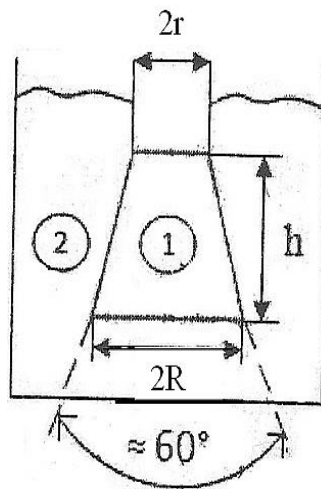


Рис. 1. Схема збудження від торця кристалізатора, що вібрує

Зону 1 (рис. 1) назвемо зоною максимального впливу, а зону 2 – зоною вторинного впливу. Завдання полягає в тому, щоб перемішати розплав, оброблений в зоні 1 з необробленим в зоні 2. Оцінимо мінімальний час обробки всього розплаву. Кристалізатор (див. рис. 1) здійснює коливання з амплітудою A

та періодом T . Тоді максимальна швидкість руху кристалізатора і відповідно розплаву складе: $v = A/(0,25T)$.

За час, що дорівнює напівперіоду коливання $0,5T$, потік розплаву переміститься від торця кристалізатора в зону 2. Потім кристалізатор переміщується у зворотному напрямку, при цьому частково змішується оброблений та необроблений розплави.

Логічно прийняти, що в зоні 1 $W_1/W_2 \approx e$ або $S_2/S_1 \approx e$, тоді $R/r = \sqrt{e} = 1,64$. Нескладно показати, що $h = (R-r)/\text{tg}30^\circ = 1,1r$. У свою чергу, об'єм зони 1:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + Rr + r^2) = 6,14r^3.$$

Якщо прийняти, що $r = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $T = 0,02$ с, щільність розплаву $\rho = 2400$ кг/м³; маса розплаву $M = 0,5$ кг, максимальна амплітуда переміщення торця кристалізатора визначається геометричними розмірами ексцентрика, що створює вібрації кристалізатора при обертанні. Візьмемо $A = 5 \cdot 10^{-4}$ м. Тоді обсяг всього розплаву $V_p = 0,5/2400 = 2,1 \cdot 10^{-4}$ м³, $V_k = 3,93 \cdot 10^{-7}$ м³. Їхнє відношення може відповідати мінімальній кількості циклів навантаження, за які необроблений розплав потрапляє в зону 1. Але це ідеальний випадок. У цьому випадку кількість циклів можна оцінити таким значенням:

$$N_{\text{ци}} = V_p / V_k = 2,1 \cdot 10^{-4} / 3,93 \cdot 10^{-7} = 535.$$

Як показано у роботі [3], це число циклів доцільно потроїти. Тоді мінімальний час обробки розплаву, що рекомендується, при вибраних параметрах кристалізатора і розплаву складе величину:

$$\tau_{\text{min}} = N_{\text{ци}} \cdot T = 1605 \cdot 0,02 = 33 \text{ с.}$$

При цьому максимальна швидкість переміщення торця кристалізатора і розплаву складе $A/(0,25T) = 0,1$ м/с.

Таким чином, в процесі віброобробки кристалізатором розплаву, в якому починають утворюватися частинки твердої фази, розвиваються гідродинамічні

потоки, що сприяють перемішуванню розплаву і розповсюдженню в його об'ємі кристалів, які утворилися на кристалізаторі. Представлений алгоритм розрахунку часу обробки розплаву віброуючим кристалізатором показує, що ефективність обробки залежить від радіусу кристалізатора r , максимальної його амплітуди A , періоду коливань T та об'єму розплаву.

Література:

1. Шейгам В.Ю., Пригунова А.Г., Кошелєв М.В., Нурадінов А.С., Дука В.М., Шеневідько Л.К., Вернидуб А.Г. Управління структурою виливка через відкриту поверхню надливу // Процеси лиття, 2021. – №4. – С.30-39.
2. Воздействие мощного ультразвука на межфазную поверхность металлов / О.В. Абрамов, В.И. Добаткин, В.Ф. Казанцев и др. – М.: Наука, 1986. – 275 с.
3. Tsurkin V.N., Ivanov A.V., Cherepovskii S.S., Vasyanovich N.A. Comparative analysis of functional possibilities of methods of pulse treatment of a melt // Surf. Eng. Appl. Electrochem, 2016. – Volume 52(№2). – P. 181–185.

Прилипко О.О, Радзієвська А.А., Шепелюк Ю.А.
(ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ)

**ВПЛИВ ГЛИБИНИ ЗВАРЮВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО
СКЛАДУ ШВА ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПІД ВОДОЮ**

E-mail: ead56@ukr.net

В системах водного транспорту значна частина його елементів (плавзасоби, портові споруди, системи трубопроводів і т. і.) експлуатуються безпосередньо у воді, що за підвищеного ризику їх відмови ускладнює роботу з ними. Тому підводне зварювання є незамінною технологією для монтажних, аварійно-ремонтних та профілактичних робіт.

В світовій практиці переважно використовується метод "сухого" зварювання, коли місце зварювання ізолюється від зовнішнього водного середовища за допомогою кесонів або боксів.