

В. І. Бєлік, Л. К. Шеневидько, В. М. Дука, Т. Г. Цир

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: belikv@ukr.net

**ПРО МЕХАНІЗМИ ПОДРІБНЕННЯ ПЕРВИННИХ КРИСТАЛІВ АЛЬФА ФАЗИ
АЛЮМІНІЄВО-КРЕМНІЄВОГО СПЛАВУ, ЩО ТВЕРДНЕ В УМОВАХ ПЕРЕМІШУ-
ВАННЯ**

Переваги процесу реолиття алюмінієво-кремнієвих сплавів перед традиційним ЛПД досягаються за рахунок використання тиксотропних властивостей металевих суспензій, зумовлених глобулярною формою первинних кристалів альфа фази. Згідно з сучасними уявленнями [1] для формування глобулярної структури при кристалізації має бути задіяно настільки велике число зародків, щоб у процесі їх подальшого зростання розмір кристала не досяг критичного радіусу втрати стійкості і зберігав округлу форму. Зрозуміло, що чим більше число кристалів у даному обсязі, тим менший розмір кожного, і все, що призводить до подрібнення зерна, підвищує ймовірність формування глобулярної структури.

Ключовим технологічним моментом, що забезпечує отримання цієї структури в таких технологічних схемах як «реокаст» - процес, SSR-технологія, в установках безперервної дії зі шнековим механізмом транспортування металу є перемішування розплаву в процесі його охолодження та часткового тверднення. У цій роботі розглянуто роль перемішування як чинника подрібнення зерна.

Експерименти проведені на сплаві АК7ч. У процесі затвердіння розплаву масою 25...30 г у кокілї з товщиною стінки 1,5 мм і зовнішнім діаметром 23 мм здійснювали контроль та запис температури за допомогою термопари марки ХА, поміщеної в дво-канальну соломку діаметром 3 мм, яку при необхідності перемішування розплаву обертали в розплавї всередині кокілю по колу зі швидкістю 1-2 обороти на секунду. Виливки кристалізувалися при низькій (0,3 °С/с) і високій (6,5 °С/с) швидкостях охолодження, які досягалися охолодженням кокіля на повітрі або у воді. У першому випадку перемішування починали при температурі 625 °С, або при температурі рекалесценції, а при охолодженні у воді відразу після занурення у воду. Мінімальна тривалість перемішування визначалася моментом, коли діаметр зони перемішування, що зменшується на протязі твердіння розплаву, наближався до діаметру соломки. Залежність розміру зерна від тривалості перемішування наведено на рис. 1.

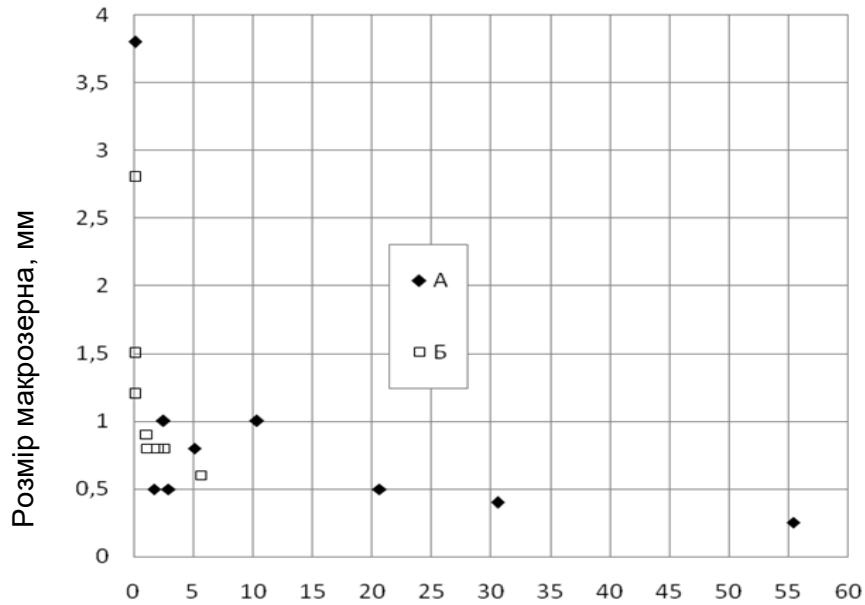


Рис. 1 - Вплив перемішування на розмір макрозерна: швидкість охолодження – А – 0,3 °C/c; Б – 6,5 °C/c
Тривалість перемішування, с

Незалежно від величини швидкості охолодження вже при мінімальній тривалості перемішування (1,7с і 2,5 с відповідно при високій та низькій швидкості охолодження) відбувається подрібнення зерна в 3-4 рази, тоді як збільшення тривалості до максимальної (6 с і 55 с відповідно) у кожному випадку призводить до приблизно однакового, але не настільки істотного зменшення зерна. При цьому мінімальна тривалість перемішування при низькій швидкості охолодження викликає порушення дендритної кристалізації з появою форм, близьких до розеткових, а збільшення тривалості перемішування супроводжується послідовним округленням гілок дендритів, появою більш округлих і роз'єднаних форм кристалів, недендритних, розеткоподібних структур. Такий же характер впливу перемішування зберігається і при високій швидкості охолодження, але ступінь його впливу на форму первинних кристалів менш виражена. Так, подрібнення макрозерна спостерігається, але дендритна кристалізація порушена меншою мірою: ні розеткові структури, ні округлі та роз'єднані форми кристалів не виявлено.

Різниця в ефективності перемішування на початковому і наступному етапі застудіння виливки викликана відмінностями механізмів подрібнення на кожному з етапів.

Так, на початковому етапі затвердіння, коли відбувається зростання величини переохолодження розплаву, у пристінковій ділянці та на стінках кокілю ініціюється велика кількість зародків кристалізації і відбувається масове зародження кристалів [2], що утворюють, у разі відсутності перемішування, зону дисперсних рівновісних кристалів, після чого величина переохолодження зменшується. У разі перемішування розплаву в період максимальних значень величини переохолодження рух розплаву оновлює поверхню зародження кристалів і поширює кристали з пристінної області по всьому об'єму виливка. Крім того, якщо ці кристали розплавляються в більш гарячій, центральній зоні виливка, куди вони перемістилися в результаті перемішування, з них вивільняються активні домішки [3], дезактивовані високим перегрівом в ході плавки. В результаті того, що раніш вони були захоплені кристалами, їх активність відновилася, і після вивільнення з кристалів (внаслідок розплавлення кристалів) проявляється їх зерноздрібнювальна дія.

Відомо, [3], що зародження кристалів можливе лише на етапі переохолодження розплаву, при температурі переохолодження, яка нижче, ніж інтервал метастабільності. Звідси випливає, що і описане активування домішок і масове утворення зародків кристалізації, які поширюються на весь об'єм виливка в ході перемішування розплаву, відбуваються доки існує переохолодження відповідної величини, тобто в умовах експериментів - протягом 0,5 с і 4...5 с відповідно при охолодженні з високою та низькою швидкістю.

Подрібнення кристалів, що має місце в ході подальшого перемішування, може бути викликане так званим механізмом «розмноження зерен» [4], що полягає у оплавленні дендритної гілки у випадку, коли радіус кінця однієї з гілок менше, ніж інших, оскільки там і температура плавлення нижче, ніж в інших. Те саме відбувається в місцях приєднання гілок до ствола: якщо в цій зоні товщина менша, частини гілки оплавляється і відокремлюється. Саме формуванням шийки кристала в зоні його контакту з вільною поверхнею розплаву або стінкою форми і подальшим відділенням кристала від місця зародження пояснюється [5] подрібнююча дія потоків розплаву.

Необхідною передумовою оплавлення гілки дендриту є підвищення концентрації домішки біля поверхні розділу фаз, що виникає в процесі кристалізації. При цьому відбувається не тільки тимчасова зупинка процесу кристалізації, але і вторинне розплавлення частини закристалізованої твердої фази. Причиною зміни розподілу температур можуть бути потоки рідкого металу, викликані перемішуванням. За умови вирівнювання температур біля поверхонь дендритів не обов'язково вирівнюватиметься і

концентрація домішок, особливо біля основи дендритних гілок. Тому відбудеться розплавлення гілок у місцях найменшого перетину» [6].

Наведене пояснення дозволяє зробити висновок, що роль перемішування у подрібненні зерен на другому етапі полягає у створенні потоків розплаву, що викликають перерозподіл температур, яке необхідне для реалізації явища оплавлення.

Таким чином, встановлено, що перемішування розплаву (навіть з малою інтенсивністю) викликає ефект зерноподрібнення, який може бути корисним для підготовки сплаву в процесі реолиття. Вплив інтенсивності перемішування на його ефективність може стати предметом подальших досліджень.

Оскільки ефективність перемішування найбільш висока на етапі масового зародження кристалів, доцільно, не зважаючи на короткочасність цього етапу, використовувати для зерноподрібнення саме його.

Перемішування подрібнює зерно однаково ефективно як при високій (6,5 °C/c) так і при низькій (0,3 °C/c) швидкостях охолодження, проте в останньому відбувається більш виражене огрубіння та округлення макрозерна, а також формування розеткових форм, які при високій швидкості відсутні.

Збільшення тривалості перемішування супроводжується послідовним округленням гілок дендритів, появою більш округлих і роз'єднаних форм кристалів та послідовним подрібненням макрозерна.

Отримані результати можуть бути використані як при вдосконаленні технології реолиття, так і при розробці нових технологій.

Список літератури

1. Семенов Б.И. Производство изделий из металла в твердожидком состоянии. Новые промышленные технологии : учеб. пособие / Б.И. Семенов, К.М. Куштаров. - М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.- 223 с.
2. Чалмерс Б. Теория затвердевания / Б. Чалмерс - М: Metallurgiya, 1968. – 288 с.
3. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки / Г.Ф. Баландин. – М: Машиностроение, 1979. – 335 с.
4. Флемингс М. Процессы затвердевания / М. Флемингс - М: Мир, 1977. - 423 с.
5. Оно А. Затвердевание металлов / А. Оно. – М: Metallurgiya, 1980. - 150 с.

6. Хворинов Н.И. Кристаллизация и неоднородность стали / Н.И. Хворинов.– М: Государственне научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. - 392 с.

УДК 621.6.034:678.178.2

В. І. Бєлік, Л. К. Шеневидько, В. Ю. Шейгам, Н. П. Ісайчева

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: belikv@ukr.net

БЕЗКОНТАКТНИЙ ДАТЧИК ПЕРЕМІЩЕННЯ НА ОСНОВІ ОПТИЧНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МИШІ

При проведенні досліджень, в яких потрібно вимірювати величину або швидкість переміщення, як, наприклад, при вивчення кінетики утворення зазору між виливком і формою, проведенні реологічних досліджень, визначення в'язкості рідин, розплавів та металевих суспензій, представляє інтерес можливість використання додаткових функціональних можливостей такого широко відомого комп'ютерного обладнання, як оптична миша, використання якої дозволяє проводити необхідні вимірювання в умовах відсутності прямого контакту датчика та об'єкта вимірювання.

Для запису параметрів руху об'єкта за допомогою комп'ютерної миші була розроблена програма, що дозволяє визначати та записувати координати курсору на екрані монітора та їх зміну у часі. Це дозволяє поставити у відповідність переміщенню реального досліджуваного об'єкта (самої комп'ютерної миші або підкладки, що рухається щодо неї) переміщення курсору на екрані монітора, і по різниці координат початкового і кінцевого положення курсору, тобто за кількістю пікселів, на які перемістився курсор по екрану, визначати відстань, на яку змістився реальний об'єкт.

Щоб розрахувати величину відносного переміщення миші та підкладки за кількістю пікселів, на які перемістився курсор, необхідно провести операцію тарування, тобто порівняти величину реального переміщення з кількістю пікселів, куди перемістився курсор. З цією метою було використано складову частину мікроскопа марки ТМІ-1, а саме - мікрометричний гвинт, що дозволило переміщати підкладку щодо комп'ютерної миші з точністю 0,01 мм. У нашому випадку максимальна кількість пікселів, яку могла зафіксувати використана програма, визначалася кількістю пікселів по горизонталі