

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙНОГО СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КРИСТАЛІЗАЦІЮ ВИЛИВКІВ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В цій доповіді розглянуто результати теоретичного аналізу та оцінювання впливу вібраційного силового навантаження на кристалізацію і структуроутворення виливків металевих сплавів, висвітлені результати проведеного пробного експериментального випробування із застосуванням вібраційного впливу за допомогою розробленого нового устаткування із застосуванням пневматичного вібраційного силового приводу. На підставі отриманих результатів розроблені практичні рекомендації щодо впровадження технології та устаткування у виробничі процеси.

Ключові слова: технологія, вібрація, кристалізатор, виливок, металеві сплави

Abstract

This report examines the results of theoretical analysis and evaluation of the effect of vibrating force load on the crystallization and structure formation of metal alloy castings, highlights the results of the experimental pilot test using vibration effects using developed new equipment using pneumatic vibration actuator. On the basis of the obtained results, practical recommendations on the implementation of technology and equipment in production processes were developed.

Keywords: technology, vibration, crystallizer, casting, metal alloys

Вступ

Умови експлуатації окремих виробів і деталей потребує підвищення механічних характеристик матеріалів та їх надійності. Досягнення високих механічних та експлуатаційних властивостей можливе різними способами, одним з яких є різноманітні методи фізичного впливу на рідкий метал як в процесі плавки, а також і при кристалізації. В результаті додаткового фізичного впливу відбувається модифікування, наприклад, подрібнення чи зміна структури сплаву. Традиційно підвищення механічних характеристик сплавів на основі окремих металів виконується додаванням різноманітних порошкових наповнювачів відповідних металів чи їх поєднань, які виконують роль центрів кристалізації або обмежують ріст структуроутворюючих фаз в процесі твердіння [1-5]. З іншого боку, досить прогресивним напрямком є подрібнення структури перемішуванням чи обробленням розплаву або виливка механічною вібрацією, ультразвуком або іншими фізичними впливами на метал, який підлягає кристалізації [1-4, 6-8].

Результати роботи

Авторами вивчено та проаналізовано ряд сучасних гіпотез щодо характеру впливу вібраційної силової дії на кристалізацію металевих сплавів. В результаті цього встановлено, що вона відіграє досить суттєву роль при формуванні кристалічної структури сплавів, а особливо впливає на показники її дисперсності [1-4]. Як показали окремі дослідження найкращі результати з подрібнення кристалічних структур отримані при застосуванні низькочастотної вібрації в процесі затвердіння металевих заготовок. Багатьма дослідниками також було з'ясовано, що накладені механічні коливання, які введені в рідкий метал, зумовлюють подрібнення неметалевих включень, їх рівномірний розподіл по об'єму розплаву, а також збільшують їх поверхневу активність як зародків гетерогенної кристалізації [2-6]. В цих роботах зазначається і експериментально підтверджується, що вібрація розплаву призводить до подрібнення кристалів, однорідності структури, певної орієнтації кристалів та суттєвого зменшення пористості.

Виробничі задачі з отримання якісного литва, зокрема, з кольорових металів пов'язані зі спеціальними умовами формування дендритної кристалічної структури і розробкою надійних методів керування нею. Завдяки отриманню дрібнозернистої первинної кристалічної структури досягається

підвищення межі міцності, ударної в'язкості, підвищеної схильності до пластичної деформації і меншої схильності до тріщиноутворення виготовлених литих виробів. При цьому також досягається поліпшення якості сплавів і сприяння отриманню металевих заготовок з високою фізичною і хімічною однорідністю, дисперсною кристалічною структурою і стабільно високим рівнем фізико-механічних і експлуатаційних властивостей [3 - 6].

Метою виконуваної авторами роботи є створення науково обґрунтованих технологічних засобів управління формуванням литої структури металевих заготовок в умовах накладання зовнішніх теплосилових дій на рідкий метал і метал, що кристалізується.

Згідно поставленої мети нами були сформульовані та вирішені наступні основні задачі дослідження:

- розроблені фізичні і математичні моделі процесів зародження і росту кристалів, динаміки переміщення ліквуючих фаз в міжцентритному просторі, вироблені гіпотези щодо кінетики просування фронту тверднення і формування структурних зон зливка;

- обґрунтовано механізм впливу вібрації на зародження і ріст кристалів при процесах кристалізації і формування структури металевих сплавів;

- проведено дослідження та детальний аналіз макро-, мікроструктури та механічних властивостей контрольних і дослідних зразків металевих сплавів за відомими стандартними методиками;

- запропоновані рекомендації щодо вибору раціональних параметрів зовнішніх циклічних силових дій для отримання якісних металевих заготовок;

- розроблене необхідне технологічне устаткування та відповідні технології для практичної реалізації прийнятих рішень за результатами проведених наукових досліджень.

Авторами розроблено ливарне устаткування, яке включає робочу підружину платформу для встановлення на ній об'єкта вібраційної силової дії, віброзбуджувачі механічних коливань – силові пневмоциліндри з дистанційним регульованим приводом, які можуть чинити комбіноване силове періодичне навантаження як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах. Завдяки дистанційному автоматичному керуванню пневматичним вібраційним силовим приводом досягається необхідна зміна амплітуди, частоти коливань віброзбуджувача, яка сприяє вибору оптимальних параметрів циклічного силового навантаження на об'єкт навантаження [9].

Проведено експериментальне випробування розробленого устаткування. Для підвищення якості виливків з силуміну при литті в глухонний кристалізатор з затоплено-струменевою системою охолодження використовували вібрацію в горизонтальній площині. Для цього застосовували пневматичний вібратор поршневого типу. При інших рівних умовах лиття отримали виливки зі сплаву без вібрації і з вібрацією глухонного струменевого кристалізатора. Якість виливків оцінювали візуально і за допомогою методів металографічного аналізу. У верхній частині заготовок без вібрації спостерігали центральну газоусадочну пористість, а на зовнішній поверхні виливків були раковини. У заготовках, отриманих із застосуванням вібрації, центральна газоусадочна пористість та раковини були відсутні, а дисперсність кристалів кремнію в середньому підвищилася майже в 2 рази. Таким чином, вібрація глухонного струменевого кристалізатора дозволяє усунути центральну газоусадочну пористість в виливках з силуміну, подрібнити їх мікроструктуру та значно поліпшити якість зовнішньої поверхні заготовок. Це дозволяє збільшити вихід придатної продукції та знижує матеріальні витрати на виробництво деталей з силуміну з підвищеними механічними властивостями. Розроблений авторами дослідний зразок проходить випробування на виробничому підприємстві.

Висновки

Авторами розроблені фізичні і математичні моделі процесів зародження і росту кристалів, динаміки переміщення ліквуючих фаз в міжцентритному просторі, а також розглянуті гіпотези щодо кінетики просування фронту тверднення і формування структурних зон зливка, а також обґрунтовано механізм впливу вібрації на зародження і ріст кристалів при процесах кристалізації і формування структури металевих сплавів. Проведено пробне лабораторне дослідження та детальний аналіз макро-, мікроструктури і механічних властивостей контрольних і дослідних зразків металевих сплавів за відомими стандартними методиками. Запропоноване нове конструктивне виконання пневмоприводної вібраційної установки для силового імпульсного віброування глухонного струменевого кристалізатора. На підставі отриманих результатів проведених теоретичних досліджень

та експериментальних випробувань, які підтвердили якісне структуроутворення виливків, подібне устаткування може бути рекомендоване до практичного застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стрикленд-Констэбл Р.Ф. Кинетика и механизм кристаллизации. Пер. с англ. 2008. – 310 с. (Strickland-Constable R.F. Kinetics and mechanism of crystallization. Academic Press, London and New York).
2. Межидов В.Х. Структурные неоднородности образовавшиеся при действии упругих колебаний на кристаллизующийся расплав / В.Х. Межидов, А.С. Эльдарханов // В сб.: тезис докладов Всесоюзной технической конференции «Пути развития научно-технического прогресса в НГП». – М.: ЦИПТОНГПИ им. Губкина, 2006. – С. 122.
3. Эльдархамов А.С. Исследование эффективности действия различных видов вибрации на структуру и свойства кристаллизующегося стального слитка / А.С. Эльдарханов, М.А. Баталов // В сб.: процессы разлива, модифицирования и кристаллизации стали и сплавов, 2010, 4.1. – С. 23-26.
4. Добаткин В.И., Эскин Г.И. Литье с применением ультразвуковой обработки расплава / В.И. Добаткин, Г.И. Эскин // В Справочнике «Специальные способы литья». Под ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1995. – С. 436.
5. Григоренко І. В. Товарознавча оцінка ювелірних виробів на основі сплавів червоного золота з модифікуючими домішками [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.08 / Григоренко Інна Василівна ; Луц. нац. техн. ун-т. – Луцьк, 2014. – 20 с.
6. Пастухова Е.А. Вплив низькочастотних пружних коливань в кавітаційному режимі на розплав алюмінію в литому стані [Текст] / Е.А.Пастухова, Е.А. Попова, Л.Є. Бодрова // Зб. наук. тр. IV семінару "Оптимізація складу, структури і властивостей металів, оксидів, композиційних, нано-та аморфних матеріалів ". 2002 р. – С.144-162.
7. Эльдорхамов А.С. Исследование условий роста кристаллов в поле упругих волн // Процессы лиття [Текст] / А.С. Эльдорхамов. – 1995. – №4. – С.49.
8. Морин С.В. Комплексное исследование вибрационного воздействия на кристаллизацию и свойства отливок из алюминиевых сплавов [Текст] / С.В. Морин. – 2005. – 168с.
9. Пат. 21376 UA, МПК В06В 1/18. Пневматичний вібратор [Текст] / І. В. Коц, В. В. Петрусь, А. Б. Насіковський, О. Ю. Дец (Україна). - № u200609936 ; заявл. 18.09.2006 ; опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3. - 2 с. : кресл.

Григоренко Інна Василівна — канд. техн. наук, доцент кафедри товарознавства, експертизи та торговельного підприємництва Вінницького торговельно-економічного інституту Київського національного торговельно-економічного університету, Вінниця, e-mail: sonic04@ukr.net;

Янченко Олександр Борисович — канд. техн. наук, старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1961yab@gmail.com;

Коц Іван Васильович – канд. техн. наук, професор кафедри, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivkots@gmail.com

Grigorenko Inna V. – Ph.D., Associate Professor of the Department of Commodity Studies, Expertise and Trade Entrepreneurship, Vinnytsia of Trade and Economic Institute, Kyiv National Economic and Economic University, Vinnytsia, e-mail: sonic04@ukr.net;

Yanchenko Oleksandr B. – Ph.D., Senior Lecturer, Department of Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 1961yab@gmail.com;

Kots Ivan V. – Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivkots@gmail.com