

МОДИФІКАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛИТИХ МЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК ПІД ДІЄЮ ЦИКЛІЧНОГО ІМПУЛЬСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація:

У цій доповіді представлено результати теоретичного та експериментального дослідження впливу вібраційного силового навантаження на процеси кристалізації та формування структури металевих сплавів. Описано розроблене нове обладнання з пневматичним вібраційним приводом, що забезпечує контрольоване циклічне навантаження. На основі отриманих даних сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження технології у виробничі процеси для покращення якості литих заготовок.

Ключові слова: вібрація, кристалізація, лиття, металеві сплави, пневматичний привід, структура, технологія.

Abstract:

This report presents the results of theoretical and experimental research on the impact of vibration force load on the crystallization and structure formation processes of metal alloys. The development of new equipment with a pneumatic vibration actuator, providing controlled cyclic loading, is described. Based on the obtained data, practical recommendations for the implementation of the technology in production processes to improve the quality of castings have been formulated.

Key words: vibration, crystallization, casting, metal alloys, pneumatic actuator, structure, technology.

Актуальність

Силове вібраційне навантаження на процес кристалізації металевих сплавів є значним фактором, що впливає на формування їхньої мікроструктури, особливо на дисперсність кристалів [1]. Дослідження показали, що низькочастотна вібрація під час затвердіння металевих заготовок забезпечує найефективніше подрібнення кристалічної структури. Крім того, механічні коливання в рідкому металі сприяють подрібненню неметалевих включень, їх рівномірному розподілу та підвищенню поверхневої активності, що впливає на гетерогенну кристалізацію [2-4]. Експериментально доведено, що вібрація розплаву призводить до утворення дрібнозернистої структури, підвищення її однорідності, певної орієнтації кристалів та зменшення пористості.

Отримання високоякісного литва, особливо кольорових металів, вимагає контролю над формуванням дендритної структури. Дрібнозерниста структура забезпечує підвищену міцність, ударну в'язкість, пластичність та стійкість до утворення тріщин у литих виробах. Це також сприяє поліпшенню якості сплаву, забезпечуючи високу фізичну та хімічну однорідність, дисперсну кристалічну структуру та стабільні фізико-механічні властивості. Це дозволяє покращити міцність, в'язкість та пластичність литих виробів, що є особливо важливим для виробництва відповідальних деталей з кольорових металів.

Мета дослідження

Розробка науково обґрунтованих технологічних засобів керування процесом формування литої структури металевих заготовок за умов впливу зовнішніх теплосилових факторів на рідкий та кристалізуючий метал.

Завдання дослідження

1. Розробка фізичних та математичних моделей процесів зародження і росту кристалів, а також динаміки переміщення рідкої фази у міждендритному просторі. Сформулювання гіпотез щодо кінетики просування фронту кристалізації та формування структурних зон у зливку.
2. Обґрунтування механізму впливу вібрації на зародження та ріст кристалів під час кристалізації та формування структури металу.
3. Експериментальне дослідження та аналіз макро- та мікроструктури, а також механічних властивостей зразків контрольного та дослідного металу за допомогою стандартних методик.

4. Розробка рекомендацій щодо вибору оптимальних параметрів зовнішніх силових впливів для отримання якісних металевих заготовок.

5. Розробка технологічного обладнання та відповідних технологічних процесів для практичної реалізації результатів дослідження.

Результати дослідження

Авторами розроблено ливарне обладнання, що складається з:

- Робочої платформи для розміщення об'єкта вібраційного силового впливу.
- Віброзбуджувачів (силових пневмоциліндрів з дистанційним керуванням), які створюють комбіноване періодичне навантаження у вертикальній та горизонтальній площинах [6].
- Дистанційне керування пневмоприводом дозволяє регулювати амплітуду та частоту коливань віброзбуджувача, оптимізуючи циклічне силове навантаження.

Дослідний зразок обладнання проходить випробування на промисловому підприємстві. Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність застосування вібраційного навантаження для покращення структури литих заготовок.

Висновки

У цій доповіді представлено результати теоретичного аналізу та оцінки впливу вібраційного силового навантаження на процеси кристалізації та структуроутворення литих металевих сплавів. Крім того, висвітлено результати проведеного експериментального випробування з використанням вібраційного впливу, що здійснювався за допомогою розробленого нового обладнання з пневматичним вібраційним приводом. На основі отриманих даних сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження цієї технології та обладнання у виробничі процеси. Ці рекомендації можуть зробити значний внесок у покращення якості та ефективності процесів кристалізації та структуроутворення литих металевих сплавів. Подібні дослідження та впровадження нових технологій і обладнання сприятимуть підвищенню продуктивності та якості виробничих процесів у металургійній галузі. Ця робота відкриває перспективи для подальших досліджень і розвитку в цій сфері, стимулюючи впровадження інноваційних підходів у виробництво металевих сплавів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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 // 36. наук. тр. IV семінару "Оптимізація складу, структури і властивостей металів, оксидів, композиційних, нано- та аморфних матеріалів". 2002 р. С.144-162.
2. Kumar S., Kumar D., Singh I., Rath D. An insight into ultrasonic vibration assisted conventional manufacturing processes: A comprehensive review. *Advances in Mechanical Engineering*. 2022. Vol. 14, Issue 6. URL: <https://doi.org/10.1177/16878132221107812>
2. Strickland-Constable R.F. Kinetics and mechanism of crystallization. Academic Press, London and New York, 2008. 310 с.
3. Пастухова Е.А., Попова Е.А, Бодрова Л.Є. Вплив низькочастотних пружних коливань в кавітаційному режимі на розплав алюмінію в литому стані [Текст] / 36. наук. тр. IV семінару "Оптимізація складу, структури і властивостей металів, оксидів, композиційних, нано- та аморфних матеріалів". 2002. С.144-162.
4. Крижанівський С. І., Пітулей Л. Д., Феденчук Д. І. Вплив вібрації на кристалічну структуру долотної сталі // Наук. вісник Нац. техн. ун-ту нафти і газу. – 2005. – № 3 (12). С. 26–30.
5. Нурадінов А.С., Ноговіцин О.В., Нурадінов І.А., Зубеніна Н.Ф., Сіренко К.А. Інноваційні шляхи керування процесом формування кристалічної будови металевих сплавів. *Наука та інновації*. 2020. Т. 16, № 4. С. 71-77. URL: <https://doi.org/10.15407/scin16.04.071>
6. Пат. 21376 UA, МПК B06B 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.

Майстрок Владислава Романівна – студентка, гр. СМ-23б, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, E-mail: majstrukvladislava@gmail.com;

Коц Іван Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник НДІ гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Majstruk Vladyslava R. - student, city of SM-23b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, E-mail: majstrukvladislava@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: *ivan.kots.2014@gmail.com*