

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

РЕСУРСОБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКУВАННЯ ТА ВПЛИВУ ТИСКОМ В ПРОЦЕСІ ЗАТВЕРДІННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИЛИВКІВ ІЗ ЛИВАРНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Al-Si

Ю.В. Доценко¹, В.Ю. Селівьорстов², К.В. Загуба³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: yvd160574@gmail.com

²доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва. Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

³студент групи 132ск-20, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. Проведено аналіз сучасних модифікаторів, які використовують для обробки сплавів системи Al-Si та методів впливу на розплав, що кристалізується. Показані їх переваги та недоліки. Приведені результати дослідження впливу змінного газового тиску та модифікування на структуроутворення металу виливків із сплаву A356.

Ключові слова: модифікування, газодинамічний вплив, ливарний сплав, виливок, технологія, механічні властивості.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF MODIFICATION AND THE EFFECT OF PRESSURE DURING SOLIDIFICATION ON THE PROPERTIES OF CASTINGS FROM A CAST ALLOY SYSTEMS Al-Si

Yuri Dotsenko¹, Vadim Seliverstov², Konstantin Zaguba³

¹Ph.D., Associate Professor of Design, Technical Aesthetics and Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: yvd160574@gmail.com

²Ph.D., Dr., professor of the department of foundry production. National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

³Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The analysis of the current modifiers, which are used for processing of alloys of the system Al-Si and methods of influence on the crystallizing melt. Shown their advantages and disadvantages. Results of research of influence of an alternating gas-dynamic pressure and modifying the structure of metal castings of alloy A356.

Keywords: modification, gas-dynamic effects, foundry alloy, casting, technology, and mechanical properties.

Вступ. Властивості литого металу залежать від цілого ряду чинників різної значущості. Тому розробка досить універсальних технологічних процесів, спрямовано на зниження непродуктивних втрат металу з одного боку, і

на підвищення його якості - з іншого, незмінно є актуальним завданням технологів і дослідників.

Одним з найбільш поширених засобів досягнення цієї мети є модифікування. Крім того, до методів активної дії на формування структури злитків та виливків можна віднести процеси, пов'язані із застосуванням тиску, введенням в розплав пружних коливань, дії концентрованими джерелами енергії [1-7]. При цьому, вказані процеси мають, зокрема, певну технологічну специфіку, свої переваги і недоліки.

Мета роботи. Аналіз способів сумісної дії на твердіючий розплав тиску і обробки модифікуючим препаратом.

Матеріал і результати досліджень. У теперішній час все більше застосування в якості модифікаторів ливарних сплавів набувають ультрадисперсні порошки хімічних сполук (в тому числі нанопорошки), які виконують роль додаткових центрів кристалізації при первинній кристалізації.

У роботі [8] досліджували можливість застосування комплексного модифікатора системи Al-Sr-Ti-B у вигляді нанопорошків, одержаних з лігатури цієї системи методом електроерозійного диспергування у вуглецьвмісних середовищах (газ, трансформаторне масло). Механічні властивості сплаву, модифікованого комплексним модифікатором Al-Sr-Ti-B, на основі нанопорошку виявилися вищими, ніж у сплаву, модифікованого звичайним модифікатором Al-Sr-Ti-B. Значення межі міцності і відносного подовження сплаву, обробленого модифікатором на основі нанопорошку, складало для зразків відлитих в кокіль 380-400 МПа і 6%, а для вирізаних з виливків - 280-320 МПа і 7%. Показники зберігалися при тривалому вистоюванні розплаву (до 2 год.).

Одним з ефективних способів впливу на метал, що кристалізується, є, зокрема, газодинамічна дія [9, 10]. При здійсненні такого процесу до моменту початку подачі газу на поверхню робочої порожнини ливарної форми повинен сформуватися шар твердого сплаву такої товщини, який може забезпечити герметичність системи аж до повного затвердіння виливка.

Також до методів обробки металу, що кристалізується, які знайшли практичне застосування, відносяться методи, що використовують введення в розплав пружних коливань.

Всі види вібраційної обробки твердіючих розплавів характеризуються наступними особливостями: наявністю макроконцентрацій об'ємів металу і його перемішуванням, виникненням пружних коливань в розплаві і переміщенням мікрооб'ємів розплаву, виникненням і розвитком кавітації. Механізм подрібнення первинного зерна при вібраційній обробці можна звести

до наступних основних процесів [11, 12]: гетерогенному і гомогенному зародженню центрів кристалізації, руйнуванню дендритів, активації тугоплавких домішок, що стають центрами кристалізації.

Наявність макроконцентрацій об'ємів металу сприяє розподілу центрів кристалізації. Основним механізмом подрібнення зерен є руйнування дендритів під дією вигинаючих напруг. При низьких частотах головною складовою є сила опору дендриту потоку в'язкої рідини, що коливається біля нього. При підвищенні частоти коливань (ультразвукові коливання) до цієї сили додається інерційна сила, обумовлена різницею щільності твердого дендриту і оточуючої його рідини. При ще більших частотах виникає так званий акустичний вітер - направлений рух рідини, обумовлений виникненням різниці тиску у напрямі випромінювання.

Низькочастотна вібрація, вживана на практиці, характеризується частотою до 200 Гц і амплітудами, що, в основному, не перевищують 2-3 мм. Наявність в металі, що кристалізується, хвиль стиснення і розтягування, може призводити до розвитку кавітації. Цим пояснюється інтенсивна дегазація металу і значне поліпшення макроструктури злитків киплячої сталі - збільшення товщини скоринки і зміни зони розташування вторинних міхурів.

Ефективність перемішування макрооб'ємів незначна. Тому невелика і можливість впливу макропотоків на руйнування кристалів на фронті кристалізації. На ефективність застосування вібраційної обробки сплавів впливають місце і напрям вібраційного імпульсу, розміри, питома вага і міжфазні властивості неметалічних включень, плаваючих кристалів, твердих частинок тугоплавких оксидів, карбідів, інтерметалідів і інших монодисперсних частинок. Наприклад, під впливом однієї і тієї ж хвилі плаваючі кристали і центри кристалізації, що мають більшу питому вагу, ніж середовище, завжди рухатимуться до межі твердіння, а неметалічні включення - в протилежному напрямі. Практикою підтверджується тільки вплив низькочастотної вібрації на подрібнення мікроструктури злитків і виливків. Позитивного впливу на зниження зональної ліквідації і хімічної неоднорідності при режимах обробки, що застосовувалися, не спостерігається [1, 7].

До головних особливостей обробки розплавів ультразвуковими коливаннями можна віднести: виникнення і розвиток кавітації і акустичних потоків в об'ємі оброблюваного розплаву; порівняно невисоку енергію ультразвуку, що трансформується в могутні ударні хвилі поблизу бульбашок, що закриваються, які, впливаючи на рідку фазу і двофазну зону, викликають диспергування кристалів, зародження центрів кристалізації і активацію твердих частинок; створення направленого акустичного потоку [2, 4, 11]. До недоліків ультразвукової дії на розплав можна віднести: малу амплітуду коливань,

яка менше величини контактних зазорів між виливком і формою, що викликає необхідність введення ультразвукових коливань безпосередньо в розплав; розсіювання ультразвукових хвиль в невеликому об'ємі поблизу хвилеводу, що не дозволяє обробляти значні об'єми металу; важкі умови роботи занурених в розплав хвилеводів, обумовлюючих їх низьку стійкість, а також їх ерозію, що викликає небезпеку забруднення розплаву.

Через вказані причини ультразвукова обробка знайшла застосування при порівняно невеликих розмірах форми, при безперервному розливанні алюмінію та інших легкоплавких сплавів, а також при отриманні ряду сплавів з особливими властивостями в процесах вакуумно-дугової плавки, електрошлакової переплавки, зонної плавки [4]. Ультразвукову енергію при використанні в цих технологіях проводять через тверду підставу злитка.

Важливою особливістю методу дії на розплав джерелами концентрованої енергії є велика потужність енергії, що виділяється, в порівняно короткий проміжок часу. Це призводить до виникнення ударної хвилі. Електрогідроімпульсна обробка призводить до прискорення процесу кристалізації металу, зона транскристалізації зменшується в 2-4 рази. Розміри разорієнтованих дендритів зменшується в 2-5 разів. Проте, амплітуда коливань вихідних ланок звичайно незначна, ефект обробки залежить від якості контакту робочого органу з оброблюваною поверхнею. Використання системи бічних розрядних пристроїв в системі «стінка виливниці - затверділий шар – розплав» пов'язано з високими втратами механічної енергії та звуженням спектру частот, що генеруються [2].

У лабораторії сучасних матеріалів Аріельського університетського центру були проведені дослідження впливу змінного газового тиску на структуроутворення металу виливків із сплаву А356. Результати лабораторних досліджень показали підвищення механічних властивостей литого металу і зниження шпаристості циліндричних виливків із сплаву А356 діаметром 50 мм та висотою 100 мм. У порядок технологічних операцій виготовлення вилівка були включені наступні етапи: проведення рафінування (препарат DEGASAL T 200 і модифікування нанопорошком TiCN, введення в робочу порожнину форми пристрою для подачі газу оригінальної конструкції, витримка вилівка з пристроєм протягом заданого проміжку часу, подача газу (аргону) з початковими показниками тиску 0,15 - 0,2 МПа, подальше нарощування тиску до 1,3 - 1,4 МПа і витримка під тиском до повного твердіння вилівка. Приведені дані свідчать про те, що в результаті газодинамічної дії та модифікування вдалося подрібнити структурні складові, внаслідок чого збільшилися на 20-25% пластичні властивості литого металу і на 8-12 % збільшилася його щільність.

Висновок. Вплив газодинамічної дії і модифікування на розплав дозволяє добитися стійкого ефекту подрібнення структурних складових, зниження газової шпаристості та підвищення механічних властивостей виливків.

Дані проведених досліджень показали, що при використанні сумісної дії на метал, що кристалізується, для отримання необхідних властивостей виливків можливе зниження кількості вживаного модифікуючого препарату, температури розплаву та часу його обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с.
2. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65.
3. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. – 272 с.
4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов– М.: Metallurgia, 1995. – 272 с.
6. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Metallurgia, 1995. – 272 с.
6. Эльдарханов, А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. – М.: Metallurgia, 1996. – 256 с.
7. Скребцов, А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав [Текст] / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев и др. // *Металл и литье Украины*. 1996. - № 1-2. - С.30-34.
8. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. – К.: Наукова думка, 1988.– 271 с.
9. Абрамов, О.Б. Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле [Текст] / О.Б. Абрамов. – М.: Metallurgia, 1972.- 256 с.
10. Пилюшенко, В.Л. Влияние виброимпульсного воздействия на условия затвердевания стали [Текст] / В.Л. Пилюшенко, А.Н. Смирнов. - В кн.: *Черная металлургия. Наука – технология – производство*. М.: Metallurgia, 1989. – С. 162-171.
11. Ульянов, В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов. // *Процессы литья*. – 1993, №4. – С.38-43.
12. Скребцов, А.М. Формирование структуры и конуса осаждения слитка или отливки при внешнем воздействии на поверхность расплава [Текст] / Л.А. Дан, В.Б. Килочкин // *Металл и литье Украины*. - 1994. - №7-8. - С.5-9.