

масса. Используя модель внешнего и внутреннего переносов к образовавшемуся пузырю, изложенную в [2], можно выделить, соответственно, комплексы переменных $\Phi_1 \equiv (Sh)^{4/7}/k^{1/3}$ и $\Phi_2 \equiv h/k^{1/3}$ (Sh – число Шервуда [2]). На рис. 7 рассчитанные зависимости d_p от этих комплексов для кальция и магния (а, б) и (в, г) (линии I) сопоставлены с фактически использовавшимися в отечественной и зарубежной практике (точки). Лишь в отдельных случаях последние обеспечивают полное усвоение десульфуратора, а в большинстве случаев фактическая величина частиц находится выше линии I и недостаточно мала.

Выводы

Составлена модель, позволяющая определять параметры технологии парофазной десульфурации металла магнием и кальцием. Результаты расчета по модели и экспериментальные данные находятся в удовлетворительном соответствии.



Список литературы

1. Охотский В. Б. // Парофазная десульфурация металла. Гидродинамика // Процессы литья. – 2013. – № 1. – С. 22-28.
2. Охотский В. Б. // Парофазная десульфурация металла. Усвоение реагентов // Там же. – 2013. – № 2. – С. 3-8.
3. Охотский В. Б. Модели металлургических систем. – Днепропетровск: Системные технологии, 2006. – 287 с.
4. Adelberg M. // AiAA J. – 1967. – V. 5, № 8. – P. 1408-1415.
5. Воронова Н. А. Десульфурация чугуна магнием. – М.: Металлургия, 1980. – 240 с.
6. Внепечное рафинирование чугуна и стали / И. М. Борнацкий, В. И. Мачикин, В. С. Шевченко и др. – Киев: Техніка, 1979. – 168 с.

Поступила 24.10.12

УДК 621.74.043:669.715

В. П. Головаченко, И. В. Хвостенко, А. Г. Вернидуб

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЧТО ДАЕТ РОТОРНАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ В ПРЕДКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР?

Рассмотрены особенности роторной обработки алюминиевых расплавов в надликвидусной области температур. Показано, что ротор наряду с созданием упругих гармоничных колебаний генерирует дополнительное множество центров кристаллизации за счет переохлаждения контактирующих с поверхностью ротора слоев расплава, которые равномерно распределяются в объеме расплава. Представлен пример практического использования роторной обработки расплава в процессе реолитья алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: ротор, алюминиевый сплав, реолитье, тиксолитье.

Получение и обработка расплавов

Розглянуто особливості роторної обробки алюмінієвих розплавів у надліквідусній області температур. Показано, що ротор разом із утворенням пружних гармонічних коливань генерує додаткову кількість центрів кристалізації за рахунок переохолодження шарів розплаву, що контактують з поверхнею ротора, які рівномірно розподіляються в об'ємі розплаву. Наведено приклад практичного застосування роторної обробки розплаву в процесі реолиття алюмінієвих сплавів.

Ключові слова: ротор, алюмінієвий сплав, реолиття, тиксолиття.

The features of the rotar treatment of aluminum melts in precrystallization area were considered. It is shown that the rotor, along with the creation of elastic harmonic oscillation generates an additional great number of nucleus due to supercooling in contact with the rotor surface layers melt, which are evenly distributed in the volume of melt. An example of the practical use of a rotar treatment of aluminum melts in rheocasting process was given.

Keywords: rotor, aluminum alloy, rheocasting, tixocasting.

Формирование недендритной структуры в алюминиевых отливках является актуальной задачей литейного производства, поскольку такая структура в несколько раз повышает пластические свойства литого материала, а следовательно, его надежность и долговечность.

В прогрессивных процессах рео- и тиксолиття алюминиевых сплавов используется металлическая суспензия с глобулярной морфологией α -фазы, количество которой может составлять 15-90 % (15-40 % – для реолиття) [1].

В процессе порционного приготовления суспензии широко используют роторную обработку расплавов, которая начинается в надликвидусной области температур и заканчивается в интервале температур кристаллизации [2]. При перемешивании металла в интервале температур кристаллизации вследствие высокой вязкости суспензии возможно налипание последней на стенки тигля печи, что затрудняет ее подачу в камеру прессования машины литья под давлением.

Такой способ реолиття предусматривает двойной перелив расплава: в тигель устройства для перемешивания и из него в камеру прессования, что усложняет процесс и интенсифицирует пленообразование в суспензии и в конечном итоге снижает потребительские свойства литых изделий.

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины порционную роторную обработку алюминиевых расплавов в предкристаллизационной области температур (Тл + 5-10 °С) проводят одноразово с последующей технологической выдержкой расплава в камере прессования для формирования суспензии с заданным количеством твердой глобулярной α -фазы, что упрощает процесс и позволяет получать аналогичные [2] результаты, которые подтверждены опытно-промышленными испытаниями на двух заводах-изготовителях литья в Украине [3].

Предкристаллизационное состояние расплавов изучено недостаточно, а имеющиеся сведения о нем весьма противоречивы. Промышленные силумины при низких перегревах склонны к образованию кластеров – микрообразований с упорядоченным расположением атомов ближнего порядка [4].

В работе [5] выдвинута гипотеза о существовании специфических нанокластеров – кватаронов, которые представляют собой особую форму кластерной самоорганизации вещества на наноуровне и интерпретируются как предкристаллизационные кластеры. Кватароны имеют полую квазисферическую форму и существуют в неравновесных условиях. При достижении критических размеров они трансформируются

в зародыши новой фазы. Физическое (энергетическое) воздействие, связанное с дополнительным созданием центров кристаллизации в области предкристаллизационного состояния и их равномерным распределением в объеме металла, может изменить традиционный процесс дендритной кристаллизации на недендритный.

В процессе исследований использовали набор графитовых роторов диаметром 20, 30 и 50 мм с эксцентриситетом 0,5; 1,0 и 1,5 мм. Число оборотов роторов составляло от 400 до 850 об/мин.

Теплосиловое воздействие ротора на расплав многогранно. Вращающийся в расплаве ротор создает гармонические затухающие колебания, которые вызывают переохлаждение микрообъемов расплава, что в конечном итоге приводит к объемной кристаллизации всего расплава [6].

Под воздействием гармонических колебаний уменьшается вязкость расплава и за счет этого улучшаются условия массопереноса атомов зародышей кристаллизации [7].

Увеличение скорости их зарождения Г. В. Сатырин [8] объясняет попеременно чередующимися волнами давления и разряжения в расплаве. Натурными испытаниями, проведенными в ФТИМС НАН Украины, установлено, что величина давления, развиваемого ротором, составляет $p = 0,00027$ МПа при $n = 850$ об/мин (по разнице высоты менисков отливок из исходного сплава и обработанного ротором).

Колебания диспергируют неметаллические твердые включения $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, шпинели $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MgO}$, которые являются обязательными примесями в алюминиевом расплаве. При этом происходит частичное или полное разрушение водородно-оксидных комплексов $\text{H}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, что способствует рафинированию расплава от водорода и неметаллических включений.

Наряду с этим, значительное теплофизическое воздействие на процесс кристаллизации оказывал «холодный» ротор, генерирующий дополнительное множество центров кристаллизации за счет переохлаждения контактирующих с поверхностью ротора слоев расплава, которые равномерно распределяются в объеме металла [9].

Множество центров кристаллизации является необходимым условием формирования недендритной структуры. При этом создаются условия превалирования скорости теплоотвода над скоростью массопереноса в растущем кристалле [10].

При оптимальной работе ротора $n = 800$ об/мин и соотношении диаметров емкости и ротора 3:1 в верхней части формируется реакционная зона с хаотическим движением потоков высотой до 20 мм с вогнутым мениском глубиной до 8 мм, рис. 1.

Этот эффект следует использовать в процессе обработки алюминиевых расплавов покровными рафинирующими либо модифицирующими флюсами, а также для замешивания легких ингредиентов при получении композитов.

Эта зона усиливает теплообменные процессы в системе зеркало расплава-расплав. При этом замечено, что при быстром ($V \geq 120$ мм/с) извлечении ротора из воды образуется глубокая воронка. В этих условиях не происходит турбулизации всего потока.

Результатом выполненных исследований явилось создание нового способа реолитья, который успешно прошел заводские испытания, рис. 2.

Таким образом, роторная обработка алюминиевого расплава АК7 в надликвидусной области температур позволяет получать недендритную (глобулярную) структуру α -фазы в отливках, изготавливаемых в условиях реолитья, также следует отметить ее эффективность в процессе получения тиксозаготовок.

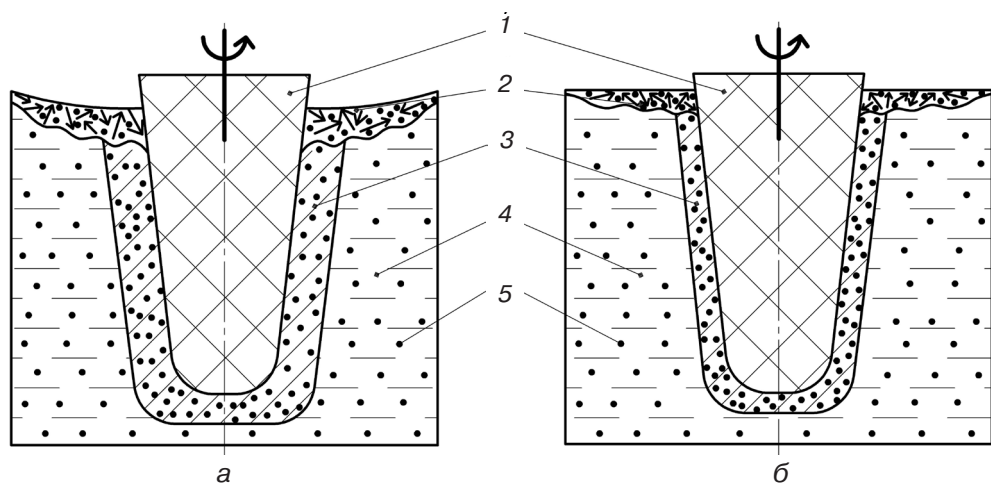


Рис. 1. Схема работы ротора в процессе обработки дозы расплава: а – $n = 800$ об/мин, б – $n = 400$ об/мин; 1 – ротор, 2 – зона хаотического перемешивания потоков (высотой до 20 мм), 3 – зона генерирования центров кристаллизации ($v = 6-8$ м/с, ширина зоны 7-10 мм, $n = 800$ об/мин), 4 – расплав, 5 – распределение центров кристаллизации в объеме расплава

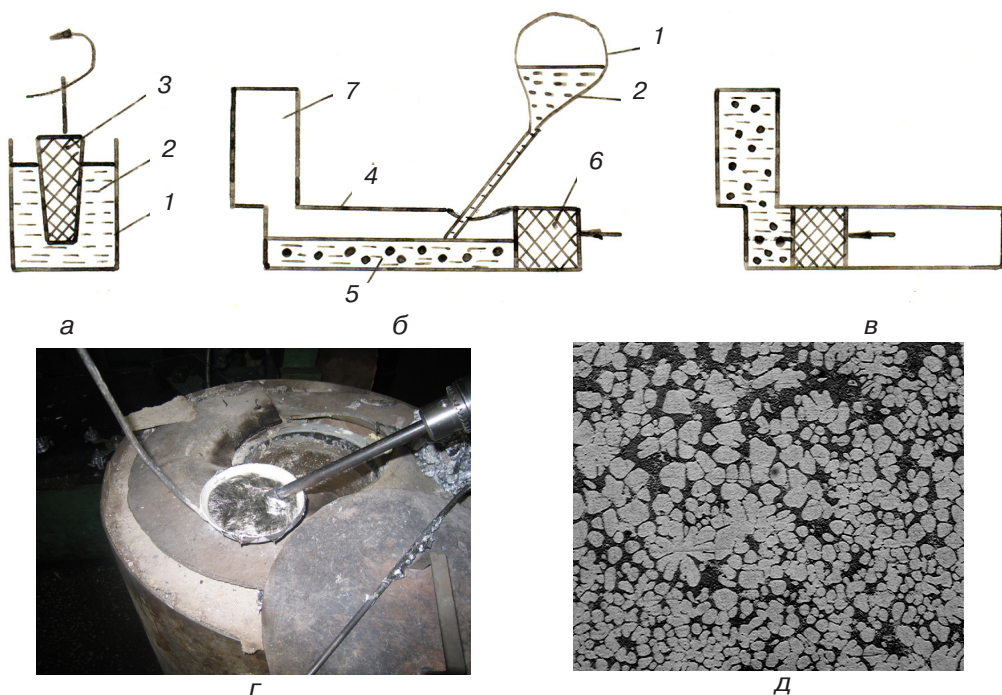


Рис. 2. Схема нового способа реоxygenации: а – обработка дозы расплава ротором, б – заливка дозы расплава в камеру прессования и ее выдержка, в – прессование, г – роторная обработка дозы расплава в условиях ВАТ «ЛТАВА», д – микроструктура слитка сплава АК7, полученного в камере машины литья под давлением мод. 711А07 в условиях ВАТ «ЛТАВА»; 1 – ковш, 2 – расплав, 3 – ротор-активатор, 4 – камера прессования, 5 – металлическая суспензия, 6 – пресс-плунжер, 7 – пресс-форма



Список литературы

1. Семенов Б. И., Куштаров К. М. Производство изделий из металла в твердожидком состоянии. Новые промышленные технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. – 224 с.
2. Юрко Д., Бони Р. Производители отливок высокого качества литьем под давлением по технологии SSR™ // Литейн. пр-во. 2006. – № 8. – С.15-17.
3. Пат. 85981 UA. МПК9 И22D 17/00 В22D 7/20. Спосіб реолиття / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука. – Опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5.
4. Мондольфо Л. Ф. Структура и свойства сплавов: Пер. с англ. – М.: Metallurgia, 1979. – 640 с.
5. Асхабов А. М. Международная конференция по фазовым переходам, посвященная 50-летию Института физики Дагестанского научного центра РАН: Тез. докл. (12-15 сентября 2007, Махачкала, 2007. – С. 211-216.
6. Полоцкий И. Г., Левин Г. И. // Вопросы физики металлов и металловедения. – Киев: Изд-во АН УССР, 1959. – С.160-166.
7. Friedman A. H., Wallace J. F., Carbanazo F. A. // Foundry. – 1957. – V. 85, №11. – S.1952-980.
8. Сатырин Г. В. // Изв. АН СССР. Металлы. – 1977. – № 4. – С.108-110.
9. Влияние виброгидроциркуляционной обработки на структуру и свойства алюминиевых отливок / В. П. Головаченко, Г. П. Борисов, В. М. Дука, А. Г. Вернидуб // Процессы литья. – 2010. – № 5. – С. 78-83.
10. Добаткин В.И., Эскин Г.И. Закономерности модифицирования и недендритной кристаллизации легких сплавов // Процессы литья. – 1992. – № 1. – С. 31-37.

Поступила 24.10.2012

УДК 669.162.212: 621.746.32

С. Б. Бойченко, Ю. С. Пройдак*, Б. М. Бойченко*

Опытно-инструментальный завод, Днепропетровск

*Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРОДА В СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ МНЛЗ

Приведен анализ источников и раскрыты механизмы процессов растворения водорода в жидкой стали и ее дегазации в промежуточном ковше МНЛЗ. Оценены кинетика процессов и их возможности по обеспечению стабильно низкого содержания водорода в стали перед ее кристаллизацией.

Ключевые слова: сталь, водород, шлак, футеровка, промежуточный ковш, машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), адсорбция, десорбция, механизм, кинетика, массоперенос, инертный газ, гидродинамика ванны.