

виливка). Технологія регульованого газодинамічного витиснення рідкого металу з ЛС у виливок після його заливки в форму забезпечує підвищення виходу придатного литва. Технологічний процес витиснення розплаву з ЛС заснований на ефекті самогерметизації металу. Передбачена можливість регульованої подачі газу та введення фіксованої кількості речовини, при нагріванні якої виділяється газ.

Процес забезпечує живлення усадки осової зони виливка, а також можливість проводити газоімпульсну обробку розплаву в ливарній формі, продування металу, що кристалізується, інертним газом, газом з порошкоподібними модифікаторами або легуючими.

Технологія газодинамічного впливу (ГДВ) на рідку фазу в герметизованій у ливарній формі системі виливок-пристрій для введення газу забезпечує підвищення якості виливків і злитків при реалізації змінюваного в часі наростаючого газового тиску до повного затвердіння металу в діапазоні від атмосферного до десятків мегапаскалів. Наприклад: після ГДВ тимчасовий опір сталі 35Л збільшується на 10 – 12 %, твердість – на 5 – 12 %, відносно подовження – на 30 – 40 %;

результати механічних випробувань зразків сталі Р18Л, що твердіє в формі ЛВМ при різних режимах газодинамічного впливу, показали збільшення тимчасового опору на 11 – 14 %, твердості – на 9 – 12 %, відносного подовження – на 19 – 21 %. Застосування технології лише при виготовленні литих заготовок для виготовлення ріжучого інструменту замість використання прокату дозволяє в 2 рази знизити собівартість заготовки.

Можливості розроблених технологій [1-4] практично не мають обмежень по масі виливків або злитків, видам сплавів, по різновидам ливарних форм, та можуть бути легко вбудованими в діючий технологічний процес.

#### Список літератури

- Пат. 55301 Україна, МПК (2009) В22D 18/00. Спосіб отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.С., Доценко Ю.В., Куш П.Д., Савега Д.О.; власник патенту Національна металургійна академія України – № у 201006702; заявл. 31.05.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
- Пат. 46128 Україна, МПК (2009) В22D 18/00. Спосіб отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.С., Куцова В.З., Міняйло О.В., Савега Д.О.; власник патенту Національна металургійна академія України – № у 200906107; заявл. 15.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.
- Пат. 37838 Україна, МПК (2006) В22D 18/00. Спосіб отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.С., Доценко Ю.В.; власник патенту Національна металургійна академія України – № 200808859; заявл. 07.07.2008; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
- Пат. 28858 Україна, МПК (2006) В22D 18/00. Спосіб отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.С., Доценко Ю.В.; власник патенту Селівьорстов В.Ю. – № 200708968; заявл. 03.08.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.

УДК 669.715:66.063

*А. И. Семенченко, В. М. Дука, Л. К. Шеневидько,  
А. Г. Вернидуб, И. В. Хвостенко*  
Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев

### ГИДРОЦИРКУЛЯЦИОННАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ

Выполненные ранее авторами исследования показали, что гидроциркуляционная обработка (ГЦО) расплава может применяться для легко реализуемого механического модифицирования алюминиевых сплавов в условиях традиционных методов литья. Важным преимуществом данного метода обработки металла служит тот факт, что она удобно совмещается с операциями рафинирования и термовременной обработки алюминиевых расплавов. Кроме того, ГЦО является технологически и экономически эффективным инструментарием интенсификации процесса выплавки алюминий-кремниевых сплавов.

Настоящие экспериментальные исследования эффективности воздействия ГЦО расплавов на формирование структуры и свойств, частично закристаллизовавшихся алюминиевых сплавов, проводились на лабораторной установке, состоящей из таких основных узлов: печь-термостат, перемешивающее устройство, блок управления приводом перемешивающего устройства и вакуумная система для отбора опытных образцов.

Блок управления электроприводом установки позволяет регулировать и измерять скорость вращения мешалки от 1 до 2000 об/мин с погрешностью  $\pm 1$  об/мин.

В качестве шихты при выплавке исследуемого расплава использовали чушки развесом  $0,8 \pm 0,1$  кг ранее выплавленного базового сплава. После расплавления и перегрева металла до температуры  $750 \pm 5$  °С проводили экспрессный термический анализ сплава, в ходе которого наряду с контролем химического и фазового состава устанавливали температурные параметры кристаллизации фазовых составляющих сплава и темп выделения твердой фазы в интервале температур кристаллизации металла.

Гидроциркуляционную обработку расплава в печи-термостате производили в интервале температур кристаллизации  $\alpha$ -твердого раствора алюминия при скорости перемешивания  $1280 \pm 20$  об/мин.

Отбор расплава для заливки проб для контроля структуры литого металла производили специальным ковшом с вмонтированной термопарой не прерывая ГЦО. Отобранную порцию расплава при требуемой температуре заливали в стальные вытряхные кокиля с диаметром рабочей полости 20 мм и высотой 50 мм. После порезки опытных образцов на темплеты и соот-

ветствующей подготовки шлифов изучали макро- и микроструктуру литого сплава в поперечном сечении образца.

Структура образцов, полученных при температуре заливки расплава в форму, равной 617 °С, характеризуется наличием первичных  $\alpha$ -Al кристаллов с размерами порядка 0,6-0,8 мм, с дендритно-розеточной морфологией и средним параметром ячейки в 26-30 мкм. Al-Si эвтектика при этом имеет в основном вырожденный характер, располагаясь в пространстве между включениями первичной фазы, но с присутствием эвтектических областей размером 95-130 мкм.

Образцы, полученные при заливке обработанного до температуры 612 °С расплава, характеризуются наличием первичных  $\alpha$ -Al кристаллов с размерами порядка 1,0-1,3 мм. Эти кристаллы имеют крупную ячейку (160-170 мкм), а также искривленные вторичные ветви. При этом распределение таких кристаллов достаточно равномерное по сечению отливок. Остальная масса первичных  $\alpha$ -Al кристаллов имеет средний размер ячейки около 20 мкм.

При дальнейшем снижении температуры обработки и заливки расплава до 602-599 °С структура образцов характеризуется увеличенным содержанием первичных  $\alpha$ -Al кристаллов размером 1,4-1,3 мм, с параметром ячейки 175-190 мкм. При этом в структуре кристаллов наблюдается сливание и округление вторичных ветвей, с образованием розеткоподобных кристаллов. Подобный характер кристаллизации скорее всего является следствием непрерывного перемешивания при достаточно медленном охлаждении и затвердевании сплава. При этом протяженность эвтектических областей при температуре заливки 599 °С значительно увеличивается, достигая размеров 0,5-1 мм.

Таким образом, ГЦО расплава в плавильной печи в интервале температур кристаллизации  $\alpha$ -твёрдого раствора алюминия обеспечивает формирование тиксоструктуры достаточной подвижности для отбора металла разливочным ковшом или методом вакуумного всасывания. Вместе с тем дисперсность включений затвердевшей в условиях медленного охлаждения первичной фазы в металлической суспензии недостаточно высока.

Поэтому представляется целесообразным выдерживать расплав в раздаточной печи при его ГЦО в температурном интервале в окрестностях температуры ликвидус сплава в квазикристаллическом состоянии или в виде малоцентрированной металлической суспензии с последующей порционной ГЦО металла в разливочном ковше или специальном устройстве.

УДК 669.715:532.74:546.28

*А. И. Семенченко, Л. К. Шеневидько, А. Г. Борисов, И. В. Хвостенко*  
*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,*  
*Киев*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕДЕНДРИТНОЙ СТРУКТУРЫ ПРЯМЫМ ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЛЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ**

Преимущества литья из жидко-твёрдого состояния, где твёрдая фаза имеет недендритную, розеточную или глобулярную морфологию, необходимую для обеспечения достаточной жидкотекучести расплава, в последнее время вызывают повышенный интерес среди производителей отливок. Не так давно появились работы, в которых недендритная морфология была получена без принудительного перемешивания, путём заливки расплава с определённой температурой в форму, нагретую до заданной температуры [1]. Следует отметить, что с практической точки зрения такой метод представляется наиболее экономически выгодным.

Поскольку в упомянутых выше работах исследования проводились исключительно для сплава типа АК7ч, в рамках настоящей работы была поставлена задача изучить возможность применения такого метода для получения недендритной структуры в сплавах на основе алюминия в широком интервале концентраций кремния.

В предыдущей работе было установлено, что наиболее благоприятными условиями для получения недендритной структуры являются заливка с минимальным перегревом над ликвидусом в кокиль с минимальной толщиной стенок и его температурой. Исходя из этого в настоящем исследовании во всех экспериментах осуществлялась заливка расплава с перегревом 10 °С в холодную металлическую форму. Концентрация кремния менялась от 4, 77 до 10, 4% кремния.

Было установлено, что при указанных выше условиях заливки недендритная структура реализуется во всём исследованном концентрационном интервале. При этом, с увеличением содержания кремния характер структуры меняется от крупнорозеточной с тонкими прослойками эвтектики (рис. 1 а) до структуры мелкоглобулярного вида, распределённой в эвтектической матрице (рис. 1 г)

Таким образом установлена принципиальная возможность применения прямого термического метода для получения недендритной структуры первичной фазы при литье широкой гаммы силуминов.