

**УДК 669.715**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОТЕКУЧЕСТИ И ГОРЯЧЕЛОМКОСТИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al-Ca**

Максим Сергеевич Пантин

*Студент 5 курса*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Е.А. Наумова,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

Литейные сплавы в России в общем объеме производства алюминиевых сплавов составляют порядка 20%. Существующие системы, на базе которых созданы литейные алюминиевые сплавы – Al-Si, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, Al-Si-Mg-Cu, Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Cu, Al-Cu-Mn и другие в значительной мере исчерпали ресурсы повышения базовых эксплуатационных характеристик (в частности прочностных). Это существенно сдерживает их применение в наиболее ответственных отраслях. Поэтому имеет смысл рассмотреть принципиально новые системы легирования.

Одним из перспективных легирующих компонентов, по нашему мнению, является кальций. Он, как и кремний, образует с алюминием диаграмму эвтектического типа [1]. В системе Al-Ca согласно данным [1] эвтектика  $L \rightarrow (Al) + Al_4Ca$  кристаллизуется при 7,6% Ca и 617 °С. Чисто эвтектический состав экспериментального сплава предполагает высокие литейные свойства, поскольку он имеет нулевой интервал кристаллизации [2].

Получение качественных отливок без раковин, трещин и других дефектов зависит от литейных свойств сплавов, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и охлаждении отливок в форме. К основным литейным свойствам сплавов относят: жидкотекучесть, усадку сплавов, склонность к образованию трещин, газопоглощение, ликвацию. Поскольку именно эти характеристики являются основными для литейных сплавов, в данной работе была поставлена цель исследовать показатели горячеломкости и жидкотекучести экспериментальных композиций на основе системы Al-Ca [3-5].

Для экспериментального изучения были приготовлены сплавы трех групп: 1) Al-Ca-Mg-Zn, 2) Al-Ca-Sc, 3) Al-Ca-0,3%Sc-X (Zn, Si, Ni, Mg, Fe, Mn). В качестве объектов сравнения рассматривали силумины.

Плавку осуществляли в электропечи сопротивления фирмы LAC. Сплавы готовили на основе алюминия высокой чистоты А99 (ГОСТ 11069-2001). Кальций, магний, цинк, медь и кремний вводили в чистом виде, а остальные элементы в виде лигатур на основе алюминия (Al-2%Sc, Al-10%Fe, Al-20%Ni, Al-10%Mn) согласно ГОСТ 53777-2010. Разливку осуществляли в графитовую форму при температуре 730-750 °С (для ряда сплавов при 800-820 °С), получая плоские отливки с размерами 15x30x180 мм (скорость охлаждения при кристаллизации около 10 К/с). Горячеломкость оценивали с использованием пробы «арфа». Жидкотекучесть определяли с помощью комплексной пробы с вертикальным U-образным каналом. Химический состав экспериментальных сплавов контролировали по данным спектрального анализа.

На первом этапе определяли практическую жидкотекучесть (при постоянной температуре заливки около 760°С) сплавов Al-3.5%Ca-3%Mg-10%Zn и Al-9%Si по U-образной пробе. У сплава с кальцием жидкотекучесть оказалась лучше, чем у сплава системы Al-9%Si, но в процессе затвердевания в отливке образовалось несколько трещин (Рис.1).



Рис.1. Отливки, полученные литьем в комплексную пробку с вертикальным U-образным каналом: а) сплав Al-9%Si, б) сплав Al-3.5%Ca-3%Mg-10%Zn.

Затем исследовали склонность к образованию горячих трещин композиций второй и третьей групп. В сплавах Al-7,6%Ca-0,3%Sc, Al-6%Ca-0.6%Si-0.3%Sc, Al-6%Ca-3%Ni-0.3%Sc, Al-6%Ca-0.7%Fe-0.3%Sc трещин не обнаружилось, отливка из сплава Al-4%Ca-12%Zn-0.3%Sc треснула пополам в основании (питателе), отливка из сплава Al-6%Ca-10%Mg-0.3%Sc треснула во многих местах и полностью развалилась после извлечения ее из формы, в отливке из сплава Al-7%Ca-1%Mn-0.3%Sc треснул центральный стержень, тогда как остальные стержни по обе стороны оказались целыми (это можно приписать не аккуратному извлечению отливки из формы). В отливке из сплава АК5М4 трещин не обнаружено.

#### **Заключение**

Почти все исследованные композиции, кроме Al-4%Ca-12%Zn-0.3%Sc и Al-6%Ca-10%Mg-0.3%Sc, не проявили склонности к образованию горячих трещин. Сплав Al-3.5%Ca-3%Mg-10%Zn по жидкотекучести превосходит сплав Al-9%Si, но, по-видимому, склонен к образованию горячих трещин. Поэтому необходимо провести работы по построению соответствующих диаграмм состояния с целью оптимизации составов композиций для обеспечения наилучшего сочетания технологических характеристик.

#### **Литература**

1. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства сплавов/ Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
2. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов - М.: МИСиС, 2005, 376 с.
3. N. Kono, Y. Tsuchida, S. Muromachi and H. Watanabe, Study of the Al-Ca-Zn Ternary Phase Diagram, Light Metals, Vol. 35, 1985, pp.574-580.
4. Н.А. Белов, В.И. Тумов, «Влияние кальция на структуру и упрочнение алюминиевых сплавов, легированных цинком и магнием», Цветные металлы, 2008, № 12, С.64-67.
5. Н.А.Белов «Высокопрочный сплав на основе алюминия с добавкой кальция». Патент РФ № 2478132, публ. 27.03.2013, бюл.№9.