

СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ГРЯЧЕЛОМКОСТИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Поздняков А.В.

Руководитель – проф., д.т.н. Золоторевский В.С.

НИТУ «МИСиС», г. Москва

pozdniakov_av@inbox.ru

Одной из основных задач металловедения литейных алюминиевых сплавов, помимо повышения их эксплуатационных характеристик, является обеспечение высокого уровня литейных свойств, необходимого для получения качественных отливок. В настоящей работе исследуется важнейшее из таких свойств – горячеломкость.

Резко выраженная горячеломкость сплавов при литье сильно осложняет, а часто делает практически невозможным внедрение в серийное производство новых сплавов с ценными эксплуатационными свойствами. В связи с этим необходим такой научно обоснованный подход к разработке новых и улучшению существующих сплавов, при котором наряду с получением высокой прочности, жаропрочности и других эксплуатационных свойств обеспечивалась бы высокая сопротивляемость сплавов образованию горячих трещин.

До сих пор все проблемы горячеломкости решались эмпирически. Конечной целью нашей работы является разработка методов прогнозирования горячеломкости по результатам термодинамических расчетов и их использование при создании новых литейных алюминиевых сплавов.

Настоящий доклад отражает результаты начального этапа работы. Были проведены расчеты эффективного интервала кристаллизации и температурного интервала хрупкости, экспериментально исследована структура в эффективном интервале кристаллизации (ЭИК) после закалки из твердо-жидкого состояния сплавов двойных и тройных систем на основе алюминия.

На примере двойных систем Al-Cu (рисунок 1), Al-Mg и Al-Si изучена корреляция экспериментально определяемого показателя горячеломкости (ПГ) с рассчитанной величиной ЭИК по разнице между температурой образования определенного количества твердых фаз (65...90 % масс.) и температурой неравновесного солидуса. Показано, что положение максимума ПГ практически совпадает с рассчитанным максимальным ЭИК. Установлена хорошая сходимость между расчетной и экспериментально определенной величиной ЭИК.

В изученных тройных системах Al-Cu-Mg, Al-Cu-Si и Al-Si-Mg корреляция величины расчетного ЭИК и ПГ в целом значительно хуже. Показано, что на лучевых разрезах тройных систем (рисунок 2) можно получить аналогичную двойным системам корреляцию ПГ и рассчитанного ЭИК (рисунок 3) в том случае, когда все сравниваемые по ПГ сплавы кристаллизуются по одинаковым реакциям с участием одинаковых фаз.

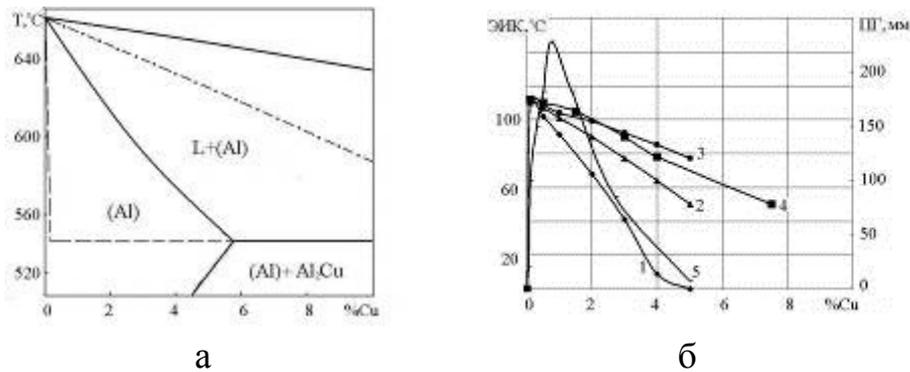


Рисунок 1. Фазовая диаграмма системы Al-Cu со стороны алюминия (а) и зависимости ЭИК и ПГ от концентрации меди (б): пунктир на фазовой диаграмме – неравновесный солидус, штрих-пунктир – температура начала линейной усадки по [1]; кривые 1...3 – расчет ЭИК при массовой доле твердых фаз 90 % (1), 80 % (2), 65 % (3); кривые 4, 5 – экспериментально построенные зависимости ЭИК (4) и ПГ (5) от концентрации меди по [1]

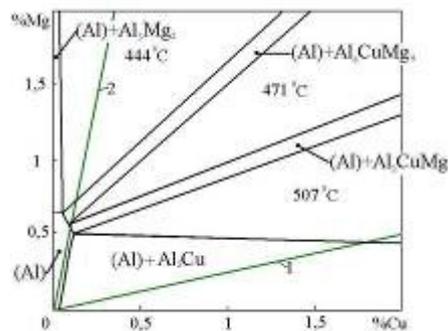


Рисунок 2. Границы фазовых областей после окончания неравновесной кристаллизации в системе Al-Cu-Mg. Цифрами указаны температуры кристаллизации тройных эвтектик: (Al) + Al₃Mg₂ + Al₆CuMg₄ – 444 °С, (Al) + Al₆CuMg₄ + Al₂CuMg – 471 °С, (Al) + Al₂CuMg + Al₂Cu – 507 °С

Для исследования микроструктуры сплавов в твердо-жидком состоянии проводили закалку из ЭИК на специально сконструированной и изготовленной установке. По анализу микроструктуры для сплава Al – 5 % Cu получили, что объемная доля «закаленной» жидкости не зависит от температуры закалки. Это значит, что чем выше температура закалки, тем большее количество алюминиевого твердого раствора (Al)

наслаивается на первичные кристаллы (Al) в процессе быстрой кристаллизации жидкости с использованными в работе скоростями охлаждения в интервале от 2500 К/мин до 25 000 К/мин, то-есть не удается зафиксировать структуру, имеющуюся при температуре закалки.

Однако в сплаве Al – 6 % Mg наложение алюминиевого твердого раствора происходит в меньшей степени, чем в сплаве Al – 5 % Cu, и наблюдается структура, более близкая к реальной. При этом соотношение экспериментально определенных объемных долей «закаленной» жидкости при разных температурах закалки близко к расчетному их соотношению (таблица 1).

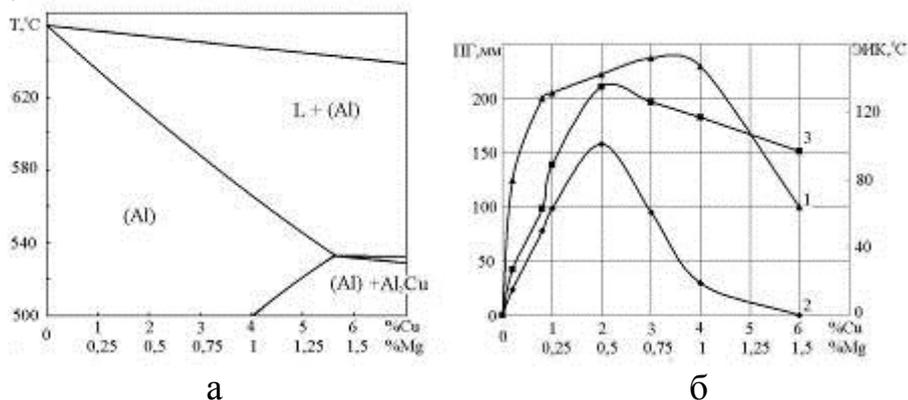


Рисунок 3. Политермический разрез 1 по рисунку 2 в системе Al-Cu-Mg (а) и концентрационные зависимости ПГ (кривая 1) и расчетного ЭИК (90 % (кривая 2) и 65 % (кривая 3) твердых фаз) (б)

Таблица 1. Объемная доля жидкой фазы при различных температурах в сплаве Al – 6 % Mg

Расчетная объемная доля жидкой фазы при различных температурах, %			Экспериментальная объемная доля «жидкой» фазы при различных температурах, %		
600 °C	581 °C	545 °C	600 °C	581 °C	545 °C
37	27	17	14 ± 0,5	12 ± 1	7 ± 1

В дальнейшем необходимо проведение новых экспериментов, с рассмотрением большего количества сплавов различного состава и разных систем на основе алюминия и с применением режимов более быстрого охлаждения.

Используемые литературные источники:

1. Новиков И.И.. Горячеломкость цветных металлов и сплавов. М.: Наука, 1966.
2. Конструкция установки предложена проф. В.К. Портным.