

УДК 621.74:669.715'732'721:536.7

С.В. Ермакова, К.Д. Савельев (асп. каф. ФХЛСиП), В.М. Голод, к.т.н., проф.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАВНОВЕСНОЙ И НЕРАВНОВЕСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-SI-MG

С использованием термодинамического моделирования произведен анализ хода кристаллизации для сплава А356 (0.25-0.45% Mg 6,5-7,5% Si) в пределах марочного состава. Термодинамическое моделирование описывает процессы кристаллизации, протекающие при равновесных условиях, но в реальных условиях процесс кристаллизации происходит с различной степенью неравновесности. Степень неравновесности процесса определяется различными факторами (условиями охлаждения, размером и конфигурацией отливки и т.д.) и в зависимости от степени неравновесности количество скрытой теплоты кристаллизации, выделяемой в различных участках отливки, будет различным. Поэтому для получения точных теплофизических расчетов при термодинамическом анализе процесса неравновесной кристаллизации необходимо принять во внимание различную степень отклонения процесса от равновесия.

Затвердевание сплавов в неравновесных условиях рассчитывается с использованием модели, предложенной Шейлем. Оценка неравновесности кристаллизации осуществляется на основе величины диффузионного критерия Фурье с учетом диффузии компонентов в твердой фазе. Это достигается введением в уравнение баланса примеси дополнительного слагаемого, отражающего перераспределение компонентов между твердой и жидкой фазами за счет диффузии.

При сравнительном анализе равновесного и неравновесного хода кристаллизации исследованных сплавов были получены зависимости выделения твердой фазы от температуры (рис.1), которые показывают различный характер выделения фаз и их количество.

В исследованных сплавах в равновесных условиях кристаллизация заканчивается образованием двойной эвтектики ($\alpha+\beta$), в неравновесных условиях - образованием тройной эвтектики ($\alpha+\beta+\text{Mg}_2\text{Si}$). В случае неравновесной кристаллизации повышение содержания кремния и магния ведет к увеличению доли тройной эвтектики. Увеличение содержания кремния приводит к снижению температуры ликвидуса и уменьшению температурного интервала кристаллизации α -фазы, при этом количество α -фазы уменьшается, а количество двойной эвтектики ($\alpha+\beta$) растет.

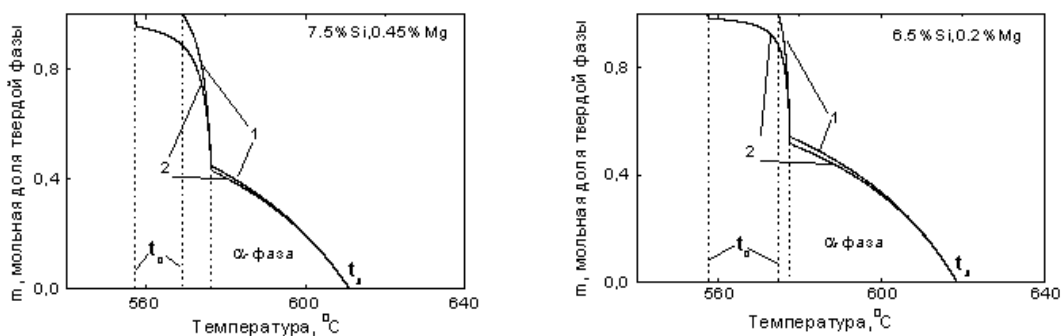


Рис.1. Изменение количества твердой фазы в температурном интервале затвердевания

при равновесной (1) и неравновесной (2) кристаллизации

Изменение состава и количества, выделяющихся фаз, при неравновесных условиях приводят к изменению количества выделяемой скрытой теплоты кристаллизации. Общая теплота кристаллизации сплавов при неравновесных условиях выше и составляет 518 кДж/кг (при равновесных условиях – 495 кДж/кг), за счет вклада в нее теплоты кристаллизации тройной эвтектики.