

УДК 621.74

А.В. Романов (асп., каф. ФХЛСиП), Г.А. Косников, д.т.н., проф. (СПбГПУ),
В.В. Чижиков, к.т.н. (ВАМИ), С.С. Колесов (ВАМИ)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОВРЕМЕННОЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТИКСОТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ В СИЛУМИНЕ А357

Получение точных литых заготовок из сплавов, находящихся в твердожидком (полутвердом) состоянии (SSM – semi solid materials), реализуется, как правило, на сплавах, затвердевающих в интервале температур. Технология включающая в себя получение пресс-слитков с тиксотропной структурой и жидко-твердую штамповку, находит широкое применение и имеет ряд преимуществ при изготовлении тонкостенных и фасонных изделий, хорошее формозаполнение и превосходные структурные и функциональные характеристики изделий.

В качестве основных можно рассматривать два способа твердожидкой штамповки.

-Тиксолитье – процесс, при котором предварительно полученная поковка сплава с тиксотропной структурой повторно нагревается до полутвердого состояния, помещается в пресс-форму или штамп.

-Новое реолитье – процесс, при котором порция сплава подвергается различным видам обработки при охлаждении или нагреве до полутвердого состояния и в полутвердом состоянии для получения тиксотропной структуры.

Очевидно, что для всех этих процессов формообразования характерна реализация эффекта тиксотропии, поэтому по своей сути все они являются процессами тиксолитья. Однако в соответствии с принятой в литературе терминологией и с использованием понятия «тиксотропная структура» целесообразно рассматривать два альтернативных процесса получения литых заготовок из сплавов с тиксотропной структурой в полутвердом состоянии – собственно тиксолитье(нагрев плюс тиксоформовка) и реолитье(непрерывный процесс подготовки расплава).

Производство цилиндрических заготовок из сплава А357 диаметром 150 мм освоено на установке полунепрерывного лтья с МГД-перемешиванием, разработанной и изготовленной в НТЦ ВАМИ. Оригинальная конструкция индуктора для перемешивания расплава в кристаллизаторе одновременно в двух плоскостях (вертикальной и горизонтальной) со специальной внутренней тепловой насадкой не только обеспечивает получение тиксотропной структуры сплава, но и равномерное распределение кремния по сечению слитка. Была опробована установка индукционного нагрева, работающая на токе промышленной частоты. В результате испытаний выяснилась принципиальная возможность реализации необходимых термовременных параметров процесса, но были обнаружены недостатки. Одной из основных проблем является чрезвычайно большая электромагнитная сила, действующая на заготовку в процессе нагрева, что влечет за собой необходимость фиксации слитка внутри индуктора и его деформацию. Были проведены работы с установкой работающей на токе 1кГц. Испытания показали удовлетворительные результаты и отсутствие недостатков присущих первой установке.

С целью разработки технологии получения отливок методом, альтернативным тиксолитью и по своим параметрам близким к процессу реолитья, исследовалось влияние термовременной и электромагнитной обработки на структуру сплава А357 в твердожидком состоянии. В качестве исходных материалов использовались: отходы слитка диаметром 150 мм с тиксотропной структурой, полученного литьем с МГД-перемешиванием (сплав А2) и слитки диаметром 80 мм сплава А357, выплавленного в печи сопротивления по обычной технологии (сплав А1) с дендритной структурой включений α -твердого раствора.

В проведенных экспериментах главными определяемыми факторами были коэффициент формы включений α -твердого раствора (F_o) и количество твердой фазы ($K_{ТВ}$) при температуре 595 °С, фиксируемой при закалке образца в воду.

Изменяемыми факторами при проведении экспериментов являлись: температура перегрева, время выдержки при температуре перегрева, скорость нагрева или охлаждения до 595°С с температур перегрева, время выдержки при 595 °С, длительность электромагнитной обработки (ЭМО) при постоянной частоте 200 кГц при температурах перегрева и выдержки, а также в периоды охлаждения сплавов А1 и А2.

Главной целью на первом этапе исследований являлось выявление условий эксперимента, в наибольшей степени способствующих глобуляризации выделений α -твердого раствора. Результаты экспериментов и их анализ позволили сделать следующие основные выводы:

1. Положение критических точек сплавов А1 и А2 отличаются между собой и изменяются под влиянием ЭМО;
2. При нагреве сплава А2 до 650°С, охлаждении до 595°С и выдержке 10 минут сохраняется компактная форма включений α -твердого раствора ($F_o=0,6$, $K_{ТВ}=63,4\%$). Это свидетельствует о сохранении наследственных признаков сплава А2 и о возможности использования этого режима (после оптимизации параметров) как альтернативы индукционному нагреву заготовок при тиксолитье, а также о возможности использования отходов при тиксолитье в качестве шихтового материала с положительной наследственностью при получении фасонных отливок традиционными способами литья;
3. ЭМО, после оптимизации ее параметров самостоятельно (сплав А1, 650°С, ЭМО, закалка в воду - $F_o=0,6$, $K_{ТВ}=62,7\%$; сплав А1, 650°С - 595°С, ЭМО 10 мин., охлаждение на воздухе $F_o=0,5$, $K_{ТВ}=73,0\%$) или совместно с модифицированием (сплав А1, 750°С, модифицирование флюсом «Фрум» - 595°С, ЭМО 10 мин., закалка в воду - $F_o=0,6$, $K_{ТВ}=67,1\%$) может быть использована для подготовки сплава А357 (А1) к ЛПТС, а также для сфероидизации включений α -твердого раствора при традиционных способах литья.

Полученные данные явились основанием для опробования различных вариантов подготовки сплава А357 к ЛПТС в производственных условиях. В экспериментах использовались заготовки из сплавов А1 и А2 (диаметром 70 мм и высотой 80 мм), как в начальном состоянии, так и дополнительно выдержанные в свинцовой ванне в течении 10 мин. при температуре 590°С с целью получения более глобулярной структуры. В заводских условиях для получения опытных отливок использовались машины ЛПД вертикальной компоновки марки СЛРО 250-01 с усилием запираения 2500 кН и усилием прессования 110 – 412 кН. Заготовки из сплава А357 предварительно подвергались нагреву в тигле со сплавом АК9 после чего помещались в камеру прессования. При экспериментах варьировалась температура нагрева заготовки 585-595°С и скорость движения поршня 8-10 м/с. Из полученных результатов можно сделать вывод о необходимости доработки режимов подготовки заготовки, а также литниковой системы.