

Магистрант гр. 50424022 Дикун А.О.

Научный руководитель - Ровин С. Л.

Белорусский национальный технический университет

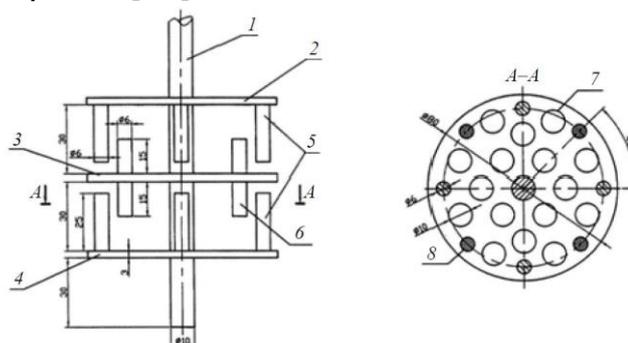
Одной из актуальных и технически сложных задач в современном литейном производстве является получение непрерывно литых крупногабаритных слитков из алюминиевых сплавов с заданными свойствами для последующего изготовления металлических профилей различных групп сложности методом экструзии.

Важнейшей характеристикой таких слитков является высокая пластичность (способность полученного слитка к деформации) при сохранении требуемой твердости и прочности. Во многом эти свойства определяются микроструктурой слитка: чем меньше размеры зерна, чем более гомогенной является структура по всему объему слитка, чем меньше она имеет дефектов, тем выше указанные свойства.

Корректировка структуры и указанных свойств возможна путем изменения химсостава сплава и режимов термообработки. Однако зачастую изменение состава не допускается требованиями ГОСТа или технической документации, а возможности термообработки уже исчерпаны.

В качестве альтернативы указанным традиционным методам можно рассматривать применение различных видов физико-механического воздействия на расплав с целью повышения балла зерна, устранения неоднородности и ликваций по объему слитка.

Одним из наиболее доступных и недорогих методов физико-механического воздействия на расплав является механическое перемешивание сплава. С помощью механического перемешивания повышается равномерность распределения легирующих элементов в матрице основного металла сплава. Данный способ обработки легко реализуем технологически. И при его применении не требуется подвергать расплав дополнительному нагреву и обработке расплава во время кристаллизации. Чем выше интенсивность перемешивания твердой фазы упрочняющего вещества в жидкой фазе основного металла, тем выше дисперсность армирующей фазы. Кроме того, высокая интенсивность перемешивания способствует равномерности распределения армирующего вещества по объему расплава. На рисунке 1 приведена одна из множества возможных конструкций специализированных механических мешалок, так называемого, механического завихрителя [1,2].



1 – ось, 2 – верхняя пластина, 3 – срединная пластина, 4 – нижняя пластина, 5 – внешние лопатки, 6 – внутренние лопатки, 7 – отверстия, 8 – места крепления внутренних лопаток

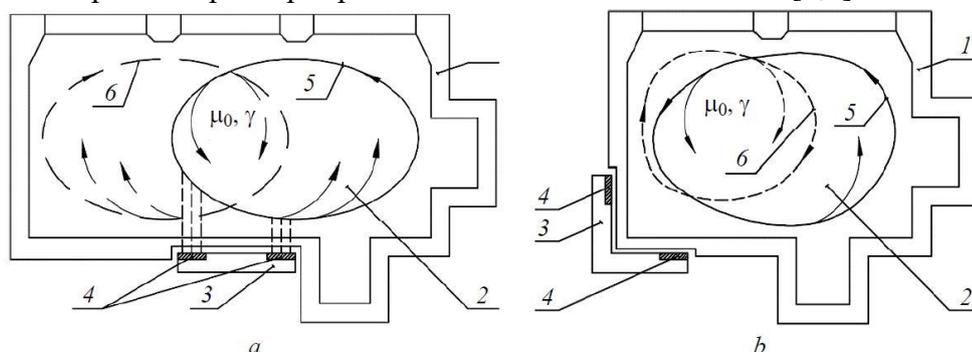
Рисунок 1 – Схема рабочего органа механического завихрителя порошковых материалов в расплав металла

Применение такого механического завихрителя позволяет эффективно вводить в алюминиевый расплав тугоплавкие частицы модификатора Ti-B, способствуя получению отливок

мелкозернистой структуры и равномерно распределенными включениями частиц модификатора. Данный механический завихритель способствовал уменьшению размеров зерна с 900 мкм до 400 мкм. А предел прочности образцов возрос со 140 до 220 МПа.

Еще одним эффективным методом воздействия на структуру слитка является обработка электромагнитными полями. Воздействие электромагнитными полями на расплавы во время добавления в них легирующих элементов позволяет снизить средний размер зерна, уменьшить концентрацию примесей на границах зерен, добиться равномерности и однородности структуры получаемого сплава, противостоять образованию столбчатой структуры. Одно из технологических решений воздействия на расплав электромагнитными полями – это электромагнитное перемешивание (ЭМП).

Для получения максимальной однородности и равномерного распределения модификаторов по всему объёму расплава, необходимо обеспечить нелинейное воздействие магнитного поля. Для этого воздействие ЭМП расплав производится сразу несколькими полями (рис. 2) разного рода (пульсирующие и бегущие), а также имеющими разное расположение источников магнитного поля по отношению к объёму расплава. Важно обеспечить перемешивание всего объема и в обе стороны при изменении интенсивности и траектории полей. В результате применения такой обработки размер зерна снижается вплоть до 95 мкм [3,4].



1 – миксер, печь; 2 – расплав; 3 – источник бегущего электромагнитного поля; 4 – источники пульсирующих электромагнитных полей; 5 – траектории движения расплава под действием бегущего электромагнитного поля и пульсирующих полей разной интенсивности; 6 – траектории движения расплава при изменении направления бегущего поля

Рисунок 2 – Миксер с источником электромагнитного поля: *a* – источник электромагнитного поля у прямолинейной части боковой стороны миксера; *b* – источник электромагнитного поля у угловой части боковой стороны миксера.

Для достижения дополнительного эффекта используют обработку расплава перед началом или в процессе кристаллизации вибрацией и ультразвуком.

Однако применение вибрационного воздействия механическими ударниками различных конструкций не желательно, так как эффективность такого метода нестабильна, однако оказывает существенное влияние на конструкцию установки и ее фундамент, создает дополнительные вредности для обслуживающего персонала.

Помимо ударной вибрации существует также и ультразвуковая обработка, которая оказывает на порядок менее вредное воздействие на само оборудование и на окружающие объекты и работников, но является одним из самых эффективных способов воздействия на расплав. Установки ультразвуковой обработки компактны, относительно недороги и эффективны.

Данный метод позволяет обеспечить дегазацию расплава, уменьшение среднего размера зерна в структуре слитка вплоть до 80 мкм и деагломерацию частиц [5,6].

Для достижения требуемых результатов воздействия на расплав и формирование структуры слитка необходимо правильно подобрать параметры волновода и режима его ультразвуковой обработки: в первую очередь частоту, интенсивность ультразвука и продолжительность обработки

Типовая схема установки ультразвуковой обработки показана на рисунке 3.

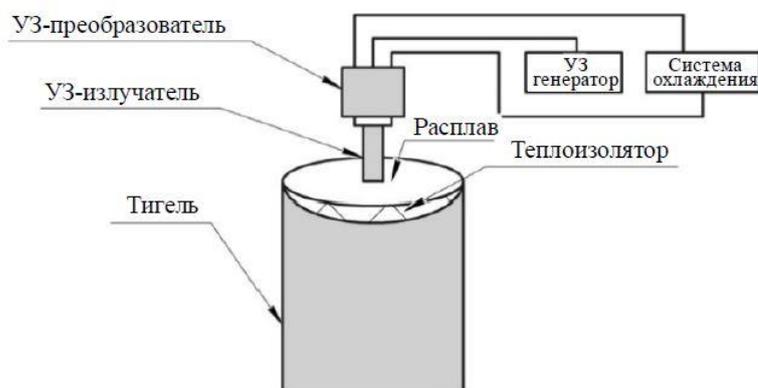


Рисунок 3 – Типовая схема ультразвуковой обработки расплава

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Grandfield, J. Direct-Chill Casting of Light Alloys / J. Grandfield [и др.] – John Wiley & Sons, 2013. – 424 с.
2. Vorozhtsov, S. A. The application of external fields to the manufacturing of novel dense composite master alloys and aluminum-based nanocomposites / S. A. Vorozhtsov [и др.] – Metal. Mater. Trans. A: Phys. Metal. Mater, 2015. – V. 46. No. 7. 2870 – 2875 с.
3. Vorozhtsov, S. Ex situ introduction and distribution of nonmetallic particles in aluminum melt: Modeling and experiment / S. Vorozhtsov, [и др.] – JOM, 2017. – No. 12. 2653–2657 с.
4. Павлов, Е. А. Магнитогидродинамическое перемешивание алюминиевых расплавов в миксерах сопротивления. Е. А. Павлов [и др.] // Сибирский журнал науки и технологий, 2006. – Т. 5. № 12. С. 201–205 с.
5. Sillekens, W. H. The ExoMet Project: EU/ESA research on high performance light metal alloys and nanocomposites / W. H. Sillekens [и др.] – Metal. Mater. Trans. A: Phys. Metal. Mater. Sci, 2014. – No 8. 3349–3361 с.
6. Puga, H. Influence of ultrasonic melt treatment on microstructure and mechanical properties of AlSi9Cu3 alloy / H. Puga [и др.] – J. Mater. Proc. Technol, 2011. – No. 211. P. 1729–1735.