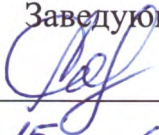


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА «МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

С.Л. Ровин
«15» 06 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра технических наук

«Исследование физико-механических методов воздействия на расплав с целью повышения технических характеристик плавки алюминиевых сплавов и качества получаемого металла»

Специальность 1 – 42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии»

Магистрант



А.О. Дикун

Руководитель:

д.т.н., доцент



С.Л. Ровин

Минск 2023

РЕФЕРАТ

Диссертация включает: 61 с., 41 рис., 8 табл., 36 источников.

Ультразвук, деформируемые сплавы, балл зерна, фрагментация фаз, трансформация фаз, физико-механическое воздействие.

Цель работы – исследование физико-механических методов воздействия на расплав и выбор рационального способа воздействия с точки зрения качества получаемого металла, затрат на обработку и практическую реализацию способа.

Объектом исследования является технология получения деформируемых слитков из алюминия.

В ходе выполнения магистерской диссертации были проведены исследования воздействия ультразвуковой обработки расплава на свойства и структуру деформируемых алюминиевых сплавов, в первую очередь на размеры зерна, снижение пористости, показатели фрагментации и трансформации железосодержащих фаз, оказывающих существенное влияние на механические и технологические характеристики отливок и литых заготовок.

Для решения поставленных задач была разработана методика проведения экспериментов и изготовлена лабораторная ультразвуковая установка.

В результате исследования было выявлено:

– обработка ультразвуком расплава при кристаллизации позволяет увеличить балла зерна более чем в 2,5 раза, при амплитуде ультразвуковых колебаний 22-24 мкм;

– замечено увеличение степени фрагментации железосодержащих фаз как по объёму, так и по количеству;

– ультразвук практически не влияет на степень трансформации фаз как по объёму, так и по количеству;

– установлено значительное влияние ультразвукового воздействия на размеры пор в исследованных образцах: средний размер пор составил около 10 мкм (при максимальных амплитудах), что даёт разницу примерно в 5 раз по отношению к необработанным образцам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воздвиженский, В.М. Литейные сплавы и технологии плавки в машиностроении / В.М. Воздвиженский, В.А. Грачев, В.В. Спасский. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
2. Городничий, Н.И. Литейное производство цветных металлов и сплавов / Н.И. Городничий. – М.: Metallurgia, 1989. – 102 с.
3. Остерманн, Ф. Технологии применения алюминия / Ф. Остерманн. – Москва, 2019. – 872 с.
4. Добаткин, В.И. Газы и окислы в алюминиевых деформируемых сплавах / В.И. Добаткин [и др.]. – Москва: Metallurgia, 1976. – 263 с.
5. Бондарев, Б.И. Модифицирование алюминиевых деформируемых сплавов / Б.И. Бондарев [и др.]. – Москва: Metallurgia, 1979. – 223 с.
6. Grandfield, J. Direct-Chill Casting of Light Alloys / J. Grandfield [и др.]. – John Wiley & Sons, 2013. – 424 с.
7. Гуляев, А.П. Metallovedenie / А.П. Гуляев. – Москва: Metallurgia, 1986. – 544 с.
8. Chang, C. H. Effect of Ag content and heat treatment on the stress corrosion of Al-4.6Cu-0.3Mg alloy / C. H. Chang [и др.]. – Mater. – Chem. Phys. 91, 2005. – 454 – 462 с.
9. Xiao, D. Superplastic deformation of a heat resistant Al; Cu; Mg; Ag, Process / D. Xiao [и др.]. – Technol. 209, 2009. – 3300–3305 с.
10. Ünlü, N. Microstructural evolution of Al-Cu-Mg-Ag alloy during homogenization / N. Ünlü [и др.] – Metall. Mater. Trans. A 34, 2003. – 2757–2769 с.
11. Новиков, И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. – М.: Metallurgia, 1986. – 82 с.
12. Zhang, J. The microstructure evolution during homogenization of a τ -type Mg-Zn-Al alloy / J. Zhang. – Alloys Compd. 448, 2008. – 316–320 с.
13. 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.

14. García-Rodríguez, S. Prediction of vortex height from mechanical mixing in metal matrix nanocomposite processing by means of dimensional analysis and scaling / S. García-Rodríguez [и др.] – J. Manufacturing Processes, 2014. – No. 16. 212–217 с.
15. 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.
16. Способ электромагнитного перемешивания электропроводных расплавов : Патент № 2113672 РФ. / В.Н. Тимофеев, Р.М. Христинич, С.А. Бояков, С.А. Рыбаков. – Опубл. 20.06.1998.
17. 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.
18. 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.
19. Vorozhtsov, S. The Influence of ScF₃ nanoparticles on the physical and mechanical properties of new metal matrix composites based on A356 aluminum alloy / S. Vorozhtsov – JOM, 2016. – No. 12. 3101–3106 с.
20. Jian, X., Effect of power ultrasound on solidification of aluminum A356 alloy / X. Jian, H. Xu, T.T. Meek, Q. Han // Materials Letters 59, (2005). – 190–193 с.
21. Xin-tao, Li. Study of ultrasonic melt treatment on the quality of horizontal continuously cast Al–1%Si alloy / Li Xin-tao, Li Ting-ju, Li Xi-meng, Jin Jun-ze // Ultrasonics Sonochemistry 13, (2006). – 121–125 с.
22. 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.
23. Kudryashova, O.B. Ultrasonic effect on the penetration of the metallic melt into submicron particles and their agglomerates / O. B. Kudryashova [и др.] – Russ. J. Non-Ferrous Metals, 2017. – No 4. 427–433 с.
24. 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.

25. Vorozhtsov, S. Synthesis of micro- and nanoparticles of metal oxides and their application for reinforcement of Al-based alloys / S. Vorozhtsov [и др.]. – Advances in Materials Science and Engineering, 2015. – 6 с.
26. Хмелев, В.Н. Аппарат для ультразвуковой обработки расплавов и жидкостей. / В. Н. Хмелев [и др.]. – Сборник материалов конференции: International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials, 2007. – 143–147 с.
27. Устройство для ультразвуковой обработки расплавов лёгких сплавов : Патент № 2186147 РФ. / Г.И. Эскин. – Оpubл. 27.07.2002.
28. Huang, H. J., Xu Y. F., Shu D., Han Y. F., Wang J., and Sun B. De, “Effect of ultrasonic melt treatment on structure refinement of solidified high purity aluminium,” Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed., vol. 24, no. 7, 2014, pp. 2414–2419.
29. Майер, В.В. Простые опыты с ультразвуком / В.В. Майер. – Москва, 1978 – 160 с.
30. Палеева, С. Контроль величины зерна металлических материалов / С.Я. Палеева – Екатеринбург, 2006. – 11 с.
31. Panagiota, I. Metallographic Index-Based Quantification of the Homogenization State in Extrudable Aluminum Alloys / I. Panagiota [и др.]. – Aluminum Alloys, 2018. – 372 с.
32. Kumar, S. Evolution of Fe Bearing Intermetallics During DC Casting and Homogenization of an Al-Mg-Si Al Alloy / S. Kumar [и др.]. – Metallurgical and Materials Transactions A, 2016 – 3000–3014 с.
33. Vermolen, F. A model of the β -AlFeSi to α -Al(FeMn)Si transformation in Al-Mg-Si alloys / F. Vermolen [и др.]. – Materials transactions, 2003. – 1448–1456 с.
34. Бурлуцкая, Д.М. Исследование и оценка степени фрагментации и сфероидизации эвтектического кремния в сплаве АК7 (AlSi7Mg0,3) в зависимости от режимов обработки отливок / Д.М. Бурлуцкая. – материалы научной конференции уральского федерального университета 2011. – 35–37с.
35. Дикун, А.О. Влияние ультразвуковой обработки расплава в процессе кристаллизации на структуру деформируемых алюминиевых сплавов. / А.О. Дикун, С.Л. Ровин, Е.В. Хрущёв. – Материалы XXIV

Республиканской научно-технической конференции “Новые материалы и технологии их обработки”, 2023. – 119-121 с.

36. Ровин, С.Л. Ультразвуковая обработка алюминиевых сплавов в процессе кристаллизации. / С.Л. Ровин, А.О. Дикун. – Материалы международной научной и научно-технической конференции “Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве”, 2023. – 33 – 35с.