

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛЕВЫХ ЛАТУННЫХ СПЛАВАХ ПРИ БЫСТРОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

И. В. Агунович

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь

Научный руководитель М. Н. Верещагин

Быстрая кристаллизация металлических сплавов позволяет получить материалы с таким комплексом свойств, который невозможно получить при использовании традиционной технологии получения полуфабрикатов из слитков методом непрерывного литья. Охлаждение расплавов со скоростями $>10^5$ К/с приводит к диспергированию всех структурных составляющих, расширению областей твердых растворов, появлению новых метастабильных фаз [1], [2].

В настоящее время предметом многочисленных исследований являются быстрозакаленные сплавы на основе железа, кобальта, никеля, алюминия. Однако вне поля зрения незаслуженно оказались латунные сплавы. Исследование структуры быстрозакристаллизованных латунных сплавов представляет значительный интерес

в связи с перспективой получения для этих сплавов повышенных механических свойств путем целенаправленного легирования и управления скоростью кристаллизации.

Целью данной работы является изучение структурных превращений в никелевых латунных сплавах при быстрой кристаллизации.

Методика эксперимента. В качестве исходного материала для получения литых образцов и быстрозакаленных лент использовался сплав системы Cu-Zn-Ni-Fe-Pb-Sn-Mn. Химический состав литых и быстрозакаленных образцов Cu – 66,4, Zn – 25,9, Ni – 4,6, Fe – 0,12, Pb – 0,55, Sn – 0,4, Mn – 0,36 (вес. %).

Литые латунные сплавы охлаждались в изложнице со скоростью 10^2 – 10^3 К/с. Быстрозакаленные ленты толщиной 20–60 мкм получали методом спиннингования [3] расплава на цилиндрическую поверхность медного диска со скоростью охлаждения 10^5 – 10^6 К/с. Для проведения структурно-фазового анализа материалов использовали рентгеновский дифрактометр Дрон-7 и атомно-силовой микроскоп НАНОТОП 206. Рентгеновские исследования проводили в $\text{CuK}\alpha$ -излучении. Для идентификации присутствующих фаз использовали компьютерную базу данных ICDD (1996).

Результаты эксперимента. На рис. 1 представлено топографическое изображение быстрозакаленной латуни выполненное атомно-силовым микроскопом (5 x 5 мкм).

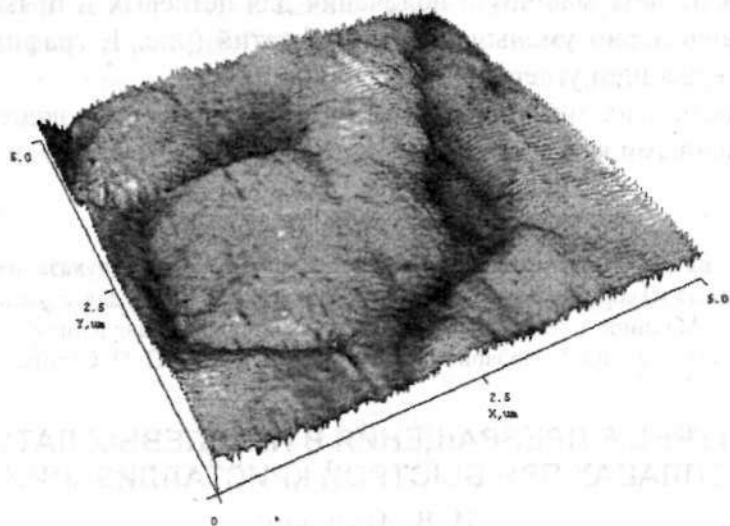


Рис. 1. Топографическое изображение быстрозакаленной латуни (3D)

Прямой контакт затвердевающего расплава с теплоотводящей поверхностью охладителя при сверхбыстрой закалке привел к гетерогенному зарождению центров кристаллизации и образованию тонкозернистой структуры. С ростом переохлаждения частота зарождения центров кристаллизации увеличивается и, как следствие, уменьшается размер зерна по сравнению с обычными литыми сплавами. Наиболее близка в данной ситуации мозаичная модель, использующая понятие субструктуры различных порядков. Эта модель представляет собой совокупность хаотически ориентированных зерен, которые сами не являются малыми настолько, чтобы ширина дифракционных линий заметно увеличивалась, но они не одноблочны, а имеют сложное мозаичное строение (субструктуру). Элемент высшего порядка, называемый элементом тонкой структуры кристалла, блок мозаики, уже не имеет сложного

строения. От размеров блоков, степени их разориентировки и микроискажений существенно зависят физические свойства материала, в первую очередь, механические.

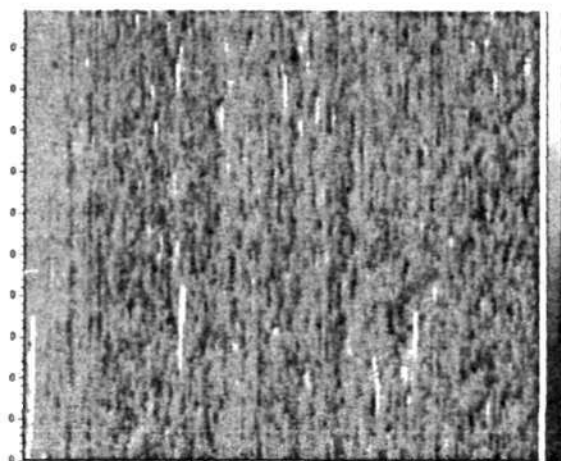


Рис. 2. Фазовое изображение быстрозакаленной латуни

На рис. 2 представлено фазовое изображение быстрозакаленной латуни. На этом изображении наиболее твердые участки изображены темным цветом (β -фаза), более мягкие – светлым (α -фаза). Соотношение α - и β -фазы в литых латунных сплавах примерно равное (50/50) [4]. Увеличение скорости охлаждения привело к увеличению количества β -фазы, по сравнению с литыми сплавами, что обуславливает значительное увеличение твердости быстрозакаленных сплавов.

Малость размеров блоков мозаики проявляется в уширении линий на рентгенограммах (рис. 3). На уширение также оказывают влияние микроискажения кристаллов (микродеформации) – упругие искажения решетки, уравнивающиеся в пределах зерна. Но ввиду малости размеров блоков мозаики, микроискажения, характеризующие степень их неидеальности, будут незначительны, и анализ уширения линий на рентгенограмме позволит довольно точно оценить размер частиц.

Средний эффективный размер кристаллитов определяли по уширению самой интенсивной линии по формуле Шеррера [5]:

$$D = \frac{0,94 \cdot \lambda}{B \cdot \cos \theta}, \text{ нм}, \quad (1)$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения, θ – брэгговский угол, B – полуширина максимума размытой линии.

Размер кристаллитов находится в пределах 40 нм (± 5 нм).

Определение величины зерна в литых латунях проводилось по методу измерения среднего условного диаметра зерна и находятся в пределах 0,014–0,02 мм [4].

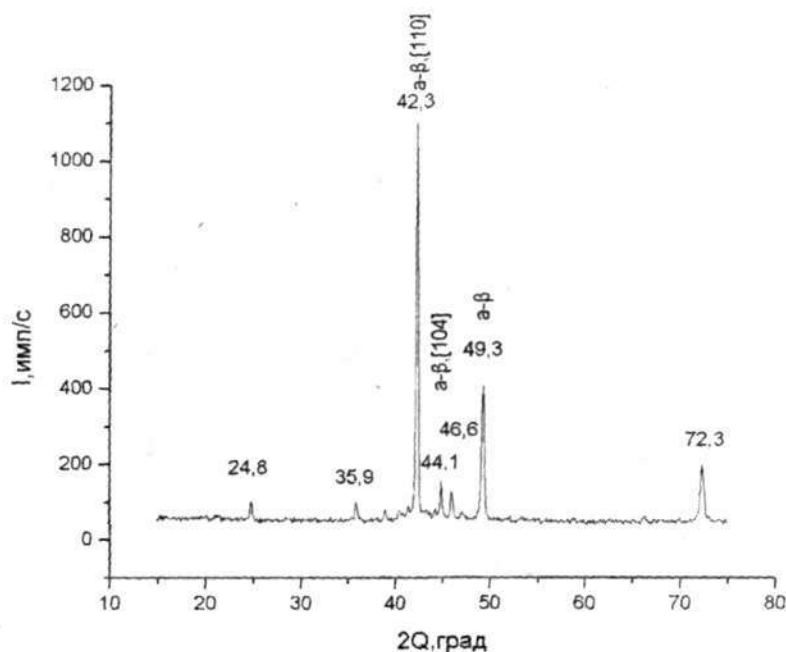


Рис. 3. Дифракционная кривая быстрозакаленного образца

При анализе дифрактограмм легко обнаруживается α - β -фаза. Богатая медью α -фаза является твердым раствором замещения, где часть атомов меди замещается атомами цинка. β -фаза является также твердым раствором, но основой его служит химическое соединение CuZn . Решетка – ромбоэдрическая.

Растворение легирующих элементов в латуни в процессе быстрой закалки из расплава привело к образованию новых метастабильных микрокристаллических фаз. Идентифицировать фазы при рентгеновском исследовании не удалось. В структуре литых сплавов ранее были обнаружены нерастворенные частицы на основе железа, равномерно распределенные в объеме α - и β -зерен, а также примеси свинца в виде отдельных изолированных образований внутри зерен [4].

Выводы: 1) структурные изменения в исследуемых сплавах при увеличении скорости охлаждения заключаются преимущественно в измельчении структурных составляющих и появлении новых метастабильных фаз; 2) быстрая кристаллизация позволяет избежать свойственных медленному затвердеванию сегрегации легирующих компонентов.

Литература

1. Мирошниченко, И. С. Закалка из жидкого состояния / И. С. Мирошниченко. – Москва : Металлургия, 1982. – 168 с.
2. Добаткин, В. И. Быстрозакристаллизованные алюминиевые сплавы / В. И. Добаткин, В. И. Елагин, В. М. Федоров. – Москва : ВИЛС, 1995. – 341 с.
3. Дэвис, Г. А. Методы быстрой закалки и образования аморфных металлических сплавов / Г. А. Дэвис // Быстрозакаленные металлы : сб. науч. тр. – Москва : Металлургия, 1983. – 341 с.
4. Верещагин, М. Н. Структура и свойства латунного сплава системы $\text{Cu-Zn-Ni-Fe-Pb-Sn-Al}$ после быстрой закалки из расплава / М. Н. Верещагин, И. В. Агунович / Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2006. – № 4.
5. Алешина, Л. А. Рентгенография кристаллов : учеб. пособие / Л. А. Алешина, О. Н. Шиврин. – Петрозаводск : ПетрГУ. – 2004. – 320 с.