

ОЦЕНКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТРУКТУРЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Дроздов Ю.Ю.

Томский политехнический университет

yud@tpu.ru

Введение

Свинец вводят в состав медных сплавов для улучшения антифрикционных свойств и прирабатываемости трущихся поверхностей. Кроме того, свинец, имея низкую температуру плавления, при перебоях подачи смазочной жидкости (в аварийных ситуациях), плавясь, образует на сопряженных деталях тонкую пленку и предохраняет их от заедания и схватывания. Как следует из литературы, на распределение свинцовых включений в структуре медных сплавов может оказывать различные внешние факторы: температура заливки слова, скорость охлаждения в форме и др.

В работе исследовали распределение включений свинца в структуре двойной бронзы БрС10 и в сложнолегированной бронзе БрО10С13Ц2Н2. Бронзу БрС10 заливали в чугунный кокиль с соотношением массы отливки к массе формы 1:10. Бронзу БрС10 (температура ликвидуса 1050 °С) заливали при температуре 1150 °С в кокиль, нагретый до 20, 200, 400, 600 и 800 °С. Очевидно, что с повышением скорости нагрева формы, скорость охлаждения расплава БрС10 уменьшается. Бронзу БрО10С13Ц2Н2 (температура ликвидуса 1004 °С) заливали при 1050, 1150 и 1220 °С в массивную чугунную, оболочковую и алюмохромфосфатную формы. Скорость охлаждения расплава БрО10С13Ц2Н2 изменялась в интервале температур заливки 1050...1220 °С от 78 до 110 °С при литье в массивный кокиль, от 8,26 до 7,15 °С при литье в оболочковую форму, от 1,18 до 0,446 °С при литье в алюмохромфосфатную форму в интервале кристаллизации сплава [1]. Температуру заливки и нагрева кокиля контролировали по тонкой графитовой таблетке, плавающей на поверхности расплава при помощи быстродействующего оптического пирометра ТПТ-90. Сплавы приготавливали в индукционной высокочастотной печи плавкой в графитовом тигле.

Как показали результаты металлографического анализа, условия кристаллизации оказывают существенное влияние на распределение и морфологию свинцовых включений в медных сплавах. При низких температурах нагрева кокиля (20...200 °С) включения свинца в структуре БрС10 образуют многозвенные скопления мелких частиц с рваными неровными краями. При температуре кокиля 400 °С свинец представлен в виде округлых, равномерно распределенных в объеме частиц. При более высоких температурах кокиля (600...800 °С) частицы свинца более крупные, причем при температуре 800 °С в структуре наряду с крупными

включениями появляются тонкие прожилки свинца [2]. При заливке бронзы БрО10С13Ц2Н2 с температуры 1050 °С, свинец формируется в виде крупных скоплений неправильной формы. Причем морфологические признаки сохраняются при литье во все формы, изменяется лишь дисперсность включений, повышаясь с увеличением теплопроводности формы. С повышением температуры заливки до 1150 °С, свинцовые включения измельчаются в большей степени при литье в кокиль, а распределение их в объеме металлической матрицы более равномерно, хотя отдельные частицы имеют вытянутую форму. При температуре заливки 1220 °С, при литье в кокиль дисперсность свинцовых включений еще выше, форма их преимущественно округлая. Медленные скорости охлаждения расплава (при литье в алюмохромфосфатные формы) не дают такого модифицирующего эффекта, хотя некоторое измельчение отмечается.

Анализируя полученные результаты можно предполагать следующее. Свинец в расплаве меди и медных сплавов образует макроскопическую эмульсию, состоящую из жидкого расплава меди и свинца [3]. При повышении температуры расплава выше ликвидуса за счет усиления тепловых потоков и повышения диффузионных процессов, происходит измельчение эмульсионных включений свинца в расплаве. При последующем быстром охлаждении (литье в массивный кокиль) перегретого до 1220 °С, в отливках фиксируется структура, состоящая из мелких включений свинца округлой формы. По мере снижения температуры заливки до 1150 °С, в расплаве снижаются тепловые потоки и скорость диффузионных процессов, поэтому эмульсионные включения свинца коагулируют еще в расплаве, а после заливки собой более крупные частицы. При низких температурах заливки (1050 °С) эмульсионные включения коагулируют до больших размеров, поэтому после кристаллизации в структуре БрО10С13Ц2Н2 обнаруживаются весьма крупные включения свинца. Следует отметить, что эмульсионные включения коагулируют и в процессе кристаллизации, вытесняются растущими кристаллами твердого раствора и сталкиваются, друг с другом. Поэтому понижение скорости охлаждения путем нагрева формы (при литье БрС10) либо снижением ее теплопроводности (при литье БрО10С13Ц2Н2) приводит к укрупнению свинцовых включений.

Образование тонких прослоек свинца в структуре БрС10 свидетельствует о распределении его

по границам зерен меди. Жидкий свинец в процессе кристаллизации как бы обволакивает растущие кристаллы меди. Такого явления не обнаружено в сложнолегированной меди, что говорит о более высокой вязкости расплава BrO10C13Ц2H2 и более высокого межфазного натяжения расплава-кристалл. Повышению вязкости расплава способствует добавка никеля и цинка в медные сплавы, снижающие ликвацию свинца в отливках [3].

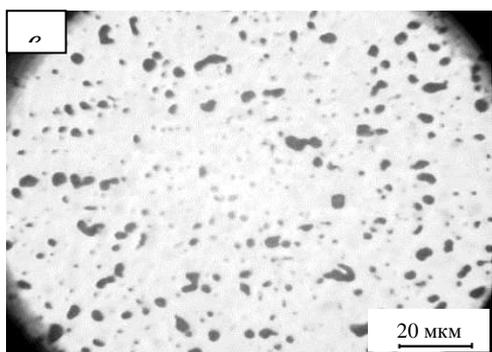
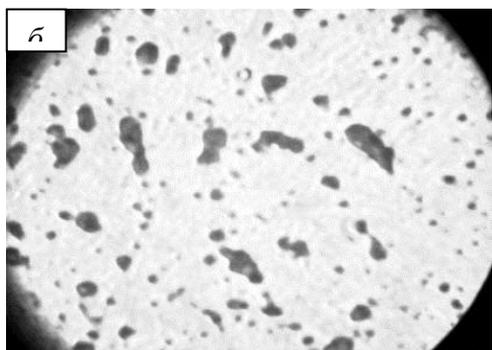
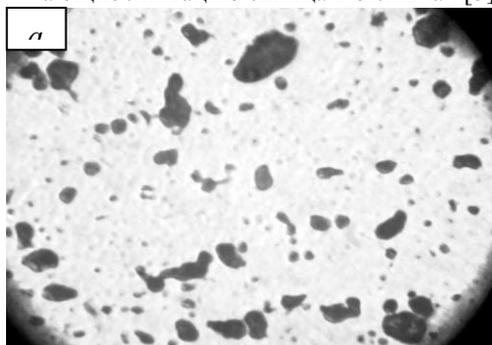


Рис. 1. Микроструктура BrO10C13Ц2H2 отлитой в массивный кокиль. Шлифы не травлены. Температуры заливки:
а – 1050 °С;
б – 1150 °С;
в – 1220 °С.

Уменьшение скорости охлаждения при кристаллизации медных сплавов приводит к укрупнению свинцовых включений. Причина – коагуляция эмульсионных включений в расплаве путем выталкивания их растущими кристаллами меди.

Повышение температуры заливки приводит к измельчению включений свинца и приобретению ими округлой формы, что является следствием измельчения эмульсии при повышении перегрева расплава выше ликвидуса. Морфология свинцовых включений зависит также от легирующих добавок, влияющих на поверхностное натяжение расплава. Никель и цинк, увеличивая поверхностное натяжение расплава, способствуют формированию включений свинца в виде обособленных частиц.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.
2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.
3. // Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.
4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.
5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы BrO10C13Ц2H2 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.
6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.
7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.
8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.
9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.
10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.