

К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ЛИГАТУРЫ СОСТАВА CU-ZN-AG

Гущинский А.А., Павлов Е.А.
Научный руководитель д-р техн. наук Скуратов А.П.
Сибирский федеральный университет

При получении ювелирных сплавов красного золота 585 пробы в плавильный тигель к чистому золоту необходимо добавить лигатуру состава Cu-Zn-Ag. Лигатура должна удовлетворять ряду требований, основным из которых является гомогенное распределение её компонентов.

Для достижения гомогенности в многокомпонентном сплаве разрабатываются различные методы воздействия на металл, как при его плавлении, так и кристаллизации. При этом наиболее значимым фактором является высокая скорость кристаллизации расплавов (более 10^6 К/с), что позволяет исключить целый ряд металлургических дефектов и несовершенств и получить сплав со значительно улучшенным комплексом свойств.

Повышение скорости охлаждения при кристаллизации приводит к существенным структурным изменениям и получению металлов с улучшенными свойствами:

- измельчением ветвей дендритов и частиц вторых фаз, образующихся из-за несоответствия скоростей теплоотвода и массопереноса;
- уменьшению химической неоднородности;
- образованию субдендритной структуры литого металла.

Стандартная технология производства гранул включает получение однородного металлического расплава в плавильной литейной установке с индукционным нагревом в инертной атмосфере и его гранулирование с кристаллизацией в емкость с водным раствором. Полученные гранулы сушат и классифицируют по крупности. После анализа макро- и микроструктуры полученных гранул, делают заключение о выходе класса гранул оптимального размера, обладающих всеми характеристиками качественных лигатур. Оценка производится по следующим критериям:

- химическая однородность;
- однородность по цвету и размеру;
- правильность формы;
- отсутствие на поверхности гранул трещин и литейных дефектов;
- отсутствие пор в объеме гранулы.

При получении гранул методом распыления из расплава процесс теплообмена тесно связан с величиной теплоемкости распыляемого расплава и энтальпии перехода в твердое состояние. Эти физические параметры определяют продолжительность превращения жидкой капли в твердую частицу.

При получении порошков способом распыления расплавов микрообъемы жидкого металла, образующиеся в результате разрушения струи расплава, имеют неправильную форму в первый период после образования. Благодаря существенному перегреву расплава над температурой ликвидуса происходит сфероидизация этих микрообъемов под действием сил поверхностного натяжения. Если частица затвердевает до завершения сфероидизации, ее форма не является сферической.

Сокращение продолжительности сфероидизации обеспечивается низкой вязкостью расплава (высоким уровнем перегрева над температурой ликвидуса). Высокое значение поверхностной энергии и малые размеры капель обеспечивают их

сфероидизацию до начала затвердевания, поэтому мелкие частицы порошков, полученных распылением расплавов, более близки по форме к сферическим, чем крупные.

Процесс распыления металлических расплавов в состоянии, отвечающем минимально достижимым значением поверхностного натяжения и кинематической вязкости, является оптимальным. В этом случае дисперсность получаемого порошка зависит только от скорости газового потока.

В процессе распада струи и формирования строения и геометрии частиц важную роль, наряду со значениями поверхностной энергии расплавов, играет переохлаждение расплавов, которое в малых объемах металла может достигать нескольких сот градусов.

В работе приведены результаты исследования влияния на структуру гранул температуры расплава и водного раствора.



Исследования проведены на индукционной литейной установке Neutec 515 (США) с уникальной технологией пульсирующего силового перемешивания для повышения гомогенности расплава (рис. 1). В камеру печи подается инертный газ, создающий некоторое избыточное давление над зеркалом расплава. Слив осуществляется через отверстие в донной части тигля, которая закрывается графитовым штоком. Контроль температуры в центре расплава осуществлялся термопарой, вмонтированной в запорный шток тигля.

Рис.1 – Литейная установка Ньютек 515

Слив расплава производится в бак-гранулятор, наполненный водным раствором с добавкой некоторого количества спирта. Пространство между донной частью тигля и поверхностью водного раствора защищено специальной камерой, в которую подается инертный газ. Для управления температурой и поддержания ее в баке-грануляторе, используется змеевик из медной трубы, который при помощи гибких шлангов подключается к термостату типа KRIO-VT-01. Температура водного раствора контролировалась с помощью контактного термометра, вмонтированного в торцевую часть бака-гранулятора. Полученные гранулы сушатся в токе горячего воздуха. По окончании каждого опыта проводился ситовой анализ для выявления фракции с наибольшим выходом и контроль микроструктуры.

Предварительно экспериментально была установлена температура плавления исходной шихты. В процессе исследований варьировалась температура перегрева расплава перед его сливом. Максимальная величина температуры перегрева ограничивалась наличием в составе расплава легколетучих компонентов, в частности цинка.

Металлографический контроль полученных в результате опытов гранул лигатуры показал, что наиболее предпочтительный размер фракций находится в

диапазоне от -4 до +2 мм (рис. 2 и 3). В этом диапазоне гранулы по внешнему виду и микроструктуре соответствовали заявленным критериям качества. Последнее позволяет утверждать, что полученные литейные свойства золотых ювелирных сплавов удовлетворяют требованиям технологии.

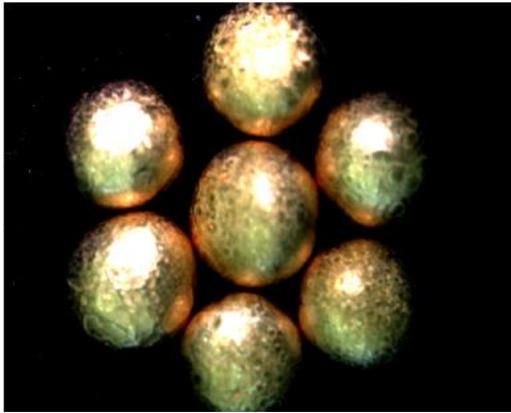


Рис.2 – Внешний вид гранул фракции -4+2 мм



Рис.3 – Микроструктура гранул фракции -4+2 мм x100

Дальнейший анализ показал, что грануляцию лигатуры следует проводить при температуре 1100 °С. При этой температуре, независимо от температуры охлаждающей среды, были получены максимальные выходы фракции -4...+2 мм от всего объема расплава. Зависимость выхода фракции -4...+2 мм от температуры расплава при сливе показана на рис. 4.

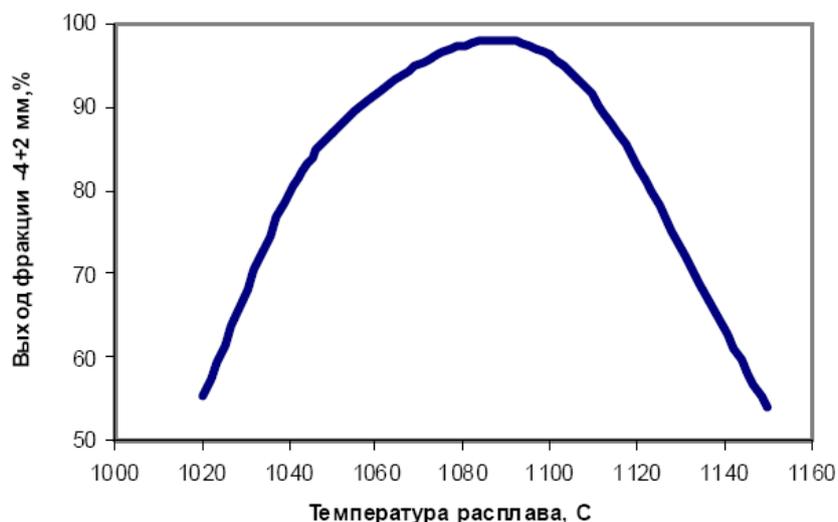


Рис.4 – Зависимость выхода (%) фракции -4...+2 мм от температуры расплава при сливе

В ходе оптимизации процесса гранулирования были построены также расчетные температурные поля кристаллизующейся гранулы лигатуры в воде. Расчеты проведены с использованием программного комплекса ANSYS. На рисунках 5 и 6 изображены полученные температурные поля капли расплава в процессе движения в момент попадания ее в охлаждающую водную среду. Температура расплава в расчетах принималась равной 1100 °С, воды – 20 °С.

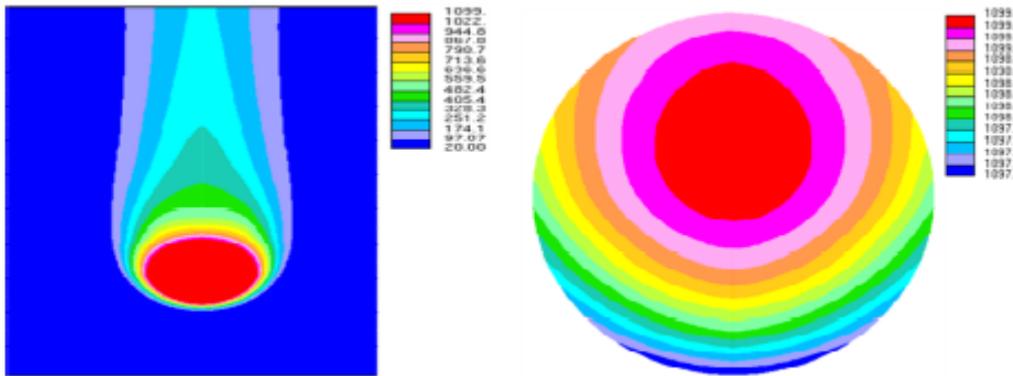


Рис.5 Распределение температуры при движении капли в воде (время 0,1 с)

Рис.6 Распределение температуры в объеме гранулы (время 0,1 с)

В ходе экспериментальных исследований проведена также оценка влияния температуры охлаждающей среды на формирование гранул. Установлен температурный диапазон изменения охлаждающей среды, в котором происходит сфероидизация расплава (рис.7). Из приведенного графика видно, что температура, при которой происходит наибольший выход фракции $-4...+2$ мм находится в диапазоне $10...20$ °С.

Таким образом, проведенные экспериментальные и расчетные исследования позволили установить режимные параметры получения гранул, удовлетворяющим технологическим требованиям производства.

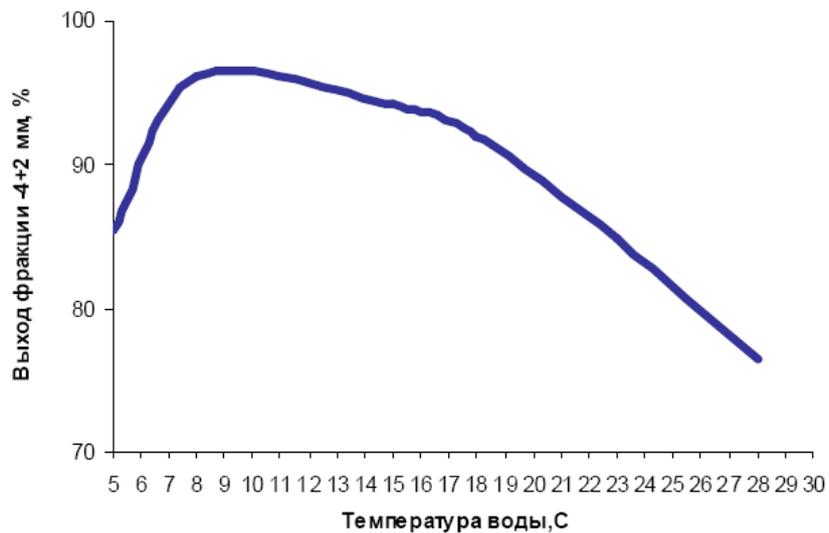


Рис.7 – Зависимость выхода (%) фракции $-4...+2$ мм от температуры воды при температуре расплава 1100 °С