

Варьируя параметрами лазерного излучения для покрытий с толщиной $\sim 0,5$ мм, были подобраны оптимальные режимы оплавления, при которых наблюдалась хорошая адгезия оплавленного слоя с микротвердостью на 500–1000 МПа, превышающей твердость при стандартных методах оплавления. На рис. 2 представлены зависимости микротвердости по глубине оплавления в сравнении с оплавлением ацетилен-кислородной горелкой. Здесь же приведены результаты по дополнительному лазерному оплавлению слоя, предварительно оплавленному горелкой.

Таким образом, импульсный лазер может быть применен для локального оплавления ряда напыленных порошковых материалов. Проводя многократно процесс напыления и последующего оплавления небольших по толщине слоев, можно создать слои требуемых размеров, а также получать многослойные и композиционные покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. I g o n s G.C. Laser fusing of flame sprayed coatings.— Weld. Journ., 1978, v. 57, N 12, p. 29–32.
2. А с т а п ч и к С.А. Фазовые и структурные превращения в сталях и сплавах при лазерном нагреве. — Весті АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук, 1982, № 4, с. 30–37.
3. М е с ь к и н В.С. Основы легирования стали. — М.: Металлургия, 1964. — 684 с.

УДК 669.017.11

И.Ю. КУПРИЯНОВА,
П.А. ПАРХУТИК, канд-ты техн.наук,
Ч.С. МАРЕК (ФТИ АН БССР)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАГРЕВОВ ГРАНУЛ ВТОРИЧНЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОМПАКТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Эффективность применения гранульной технологии для производства полуфабрикатов определяется двумя условиями:

- 1) возможностью получения при быстрой кристаллизации в сплаве особых структурных состояний (например, аномально пересыщенного твердого раствора, метастабильных фаз и т.д.);
- 2) степенью сохранения этих особенностей при переработке гранул в компактные полуфабрикаты.

Процессы компактирования гранул связаны с предварительными технологическими нагревами (сушка, брикетирование, прессование и др.), в результате которых происходят значительные изменения в структуре и свойствах полуфабрикатов по сравнению с исходной структурой гранул. В связи с этим необходимо оптимизировать температуру и время нагревов для сохранения "наследственности" литой структуры в готовых изделиях [1].

В настоящей работе исследовались изменения структуры и свойств гранул алюминиевых сплавов АК4М4, АК5М2 под влиянием различных режимов нагрева. Гранулы отливались при температуре расплава 850°C центробежным способом в воду. Скорость охлаждения гранул различных фракций ($\varnothing 1\text{--}5$ мм) составляла $10^3\text{--}10^4$ К/с.

При температуре сушки 120–180 °С и времени 10–60 мин микротвердость и макротвердость гранул из сплавов АК4М4 и АК5М2 изменяются сходным способом: исходная высокая твердость гранул (1300–1400 МПа), вызванная частичной закалкой с пересыщением твердого раствора и его естественным старением, несколько снижается уже в первые 10–20 мин выдержки при нагреве, а увеличение продолжительности сушки до 1 ч мало влияет на изменение твердости гранул. Следует отметить, что для мелких фракций гранул (1–3 мм), характеризующихся большей неравновесностью структуры, разупрочняющее действие нагревов оказывается более сильно: как микро-, так и макротвердость снижаются более интенсивно, чем для гранул больших размеров. Из полученных данных следует, что для сушки гранул больших размеров необходимо выбирать температуру 120–140 °С и выдержку при ней 10–20 мин. Такой режим сушки обеспечивает достаточно полное разупрочнение сплавов, а при небольших выдержках не происходит заметного окисления поверхности гранул.

Важнейшая операция технологического нагрева гранул, при которой происходит разупрочнение сплавов, — это брикетирование, сопровождаемое обычно небольшой подпрессовкой гранул при повышенных температурах — 350–450 °С. Для оценки структурных изменений и свойств гранул в процессе брикетирования производили закалку после нагревов при 350, 400 и 500 °С и выдержках от 5 до 120 мин. Изучали микроструктуру, микро- и макротвердость исследуемых сплавов АК5М2 и АК4М4. В зависимости от температуры и продолжительности нагрева при высоких температурах может происходить разупрочнение гранул, но возможно также и обратное насыщение твердого раствора легирующими элементами и частичная подзакалка при охлаждении тонких сечений на воздухе (своего рода нормализация) [2].

На рис. 1 показано изменение твердости гранул сплавов АК5М2 и АК4М4, высушенных по оптимальному режиму. Закалка с температур 300–350 °С не приводит к насыщению твердого раствора легирующими элементами и его упрочнению, а, наоборот, сопровождается некоторым разупрочнением сплава в связи с перестариванием. При закалке с 400 °С и выдержке до 1 ч наблюдается сначала сильное снижение микротвердости, а затем ее рост до ис-

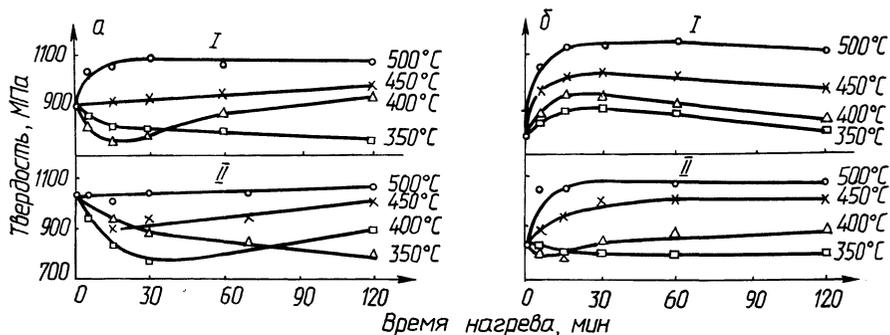


Рис. 1. Изменение микротвердости а-твердого раствора (I) и макротвердости гранул (II) сплавов АК5М2 (а) и АК4М4 (б) в зависимости от условий закалки

ходного значения вследствие преобладающего влияния насыщения твердого раствора. Снижению макротвердости сплава способствует и нарушение сплошности каркаса, коагуляция и сфероидизация эвтектических выделений.

Повышение температуры нагрева под закалку до 450 °С и особенно до 500 °С приводит к росту микротвердости α -твердого раствора, очевидно, за счет увеличения в нем содержания легирующих элементов. Макротвердость (II) гранул после нагрева при 450 °С несколько снижается во времени, а при 500 °С остается практически на исходном уровне (рис. 1, а).

В сплаве АК4М4 микротвердость (I) α -твердого раствора возрастает в результате закалки во всем исследованном интервале температур нагрева, особенно после нагрева 450–500 °С (рис. 1, б). Этому, по-видимому, способствует повышенное содержание меди в сплаве (4 % Cu). Наиболее интенсивное упрочнение происходит за счет легирования твердого раствора при нагреве в первые 15–30 мин. Увеличение длительности нагрева при 450–500 °С до 2 ч не приводит к возрастанию микротвердости. Макротвердость (II) гранул при закалке с 400 °С несколько снижается на первых этапах нагрева, а затем достигает исходного значения (рис. 1, б).

С учетом желаемого сохранения эффекта упрочнения, полученного в результате быстрой кристаллизации, предварительный нагрев гранул сплавов АК5М2 и АК4М4 перед операциями горячего пластического деформирования наиболее целесообразно проводить при температуре 350–400 °С в течение 15–30 мин.

Таким образом, с точки зрения наилучшего сохранения наследственной микроструктуры гранул оптимальными режимами технологических нагревов можно считать следующие: при сушке – 120–140 °С в течение 10–20 мин; при брикетировании – 350–450 °С для сплава АК5М2 и 400–450 °С для сплава АК4М4 в течение 15–30 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпашников А.И., Ефремов А.В. Гранулированные материалы. – М.: Металлургия, 1977. – 296 с.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1978. – 392 с.

УДК 669.131.6

Л.Р. ДУДЕЦКАЯ, канд.техн.наук,
В.А. ТКАЧЕВА,
И.Ф. ЦЕДРИК (ФТИ)

ВЛИЯНИЕ СТРОНЦИЯ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧУГУНА И СТАЛИ

В последние годы при выплавке серого чугуна и стали наряду с традиционными получили применение более эффективные модификаторы на основе РЗМ и ЦЗМ.

Щелочно-земельные элементы используют, как правило, в виде сплавов с кремнием, которые из-за непостоянства состава не позволяют добиться ста-