

Закалка катанки из алюминиевого сплава АВЕ

Продолжение статьи Ковригин Л.А., Бармина О.В. «Управление в ходе технологического процесса скоростью охлаждения бухты катанки из алюминиевого сплава» (№12-1, 2009 г.)

Л.А. Ковригин, д-р техн. наук, Пермский государственный технический университет
Кафедра «Конструирования и технологии электрической изоляции»

Алюминиевые сплавы упрочняют термической обработкой, состоящей из закалки и старения. Цель закалки — получить в сплаве предельно неравновесное фазовое состояние — пересыщенный твердый раствор с максимально возможным содержанием легирующих элементов [1–3].

Основными легирующими элементами сплава АВЕ являются магний и кремний. Сплав АВЕ относится к деформируемым сплавам. Кроме основных компонентов присутствуют так же марганец, медь и хром. Наличие этих элементов приводит к дополнительному упрочнению сплавов после

естественного или искусственного старения. Благоприятное влияние марганца и хрома заключается в повышении коррозионной стойкости сплавов. Марганец и хром препятствуют, кроме того, образованию выделений из твердого раствора по границам зерен. В отличие от указанных элементов медь вызывает снижение коррозионной стойкости, т. е. к увеличению склонности к межкристаллитной коррозии в искусственно состаренном состоянии.

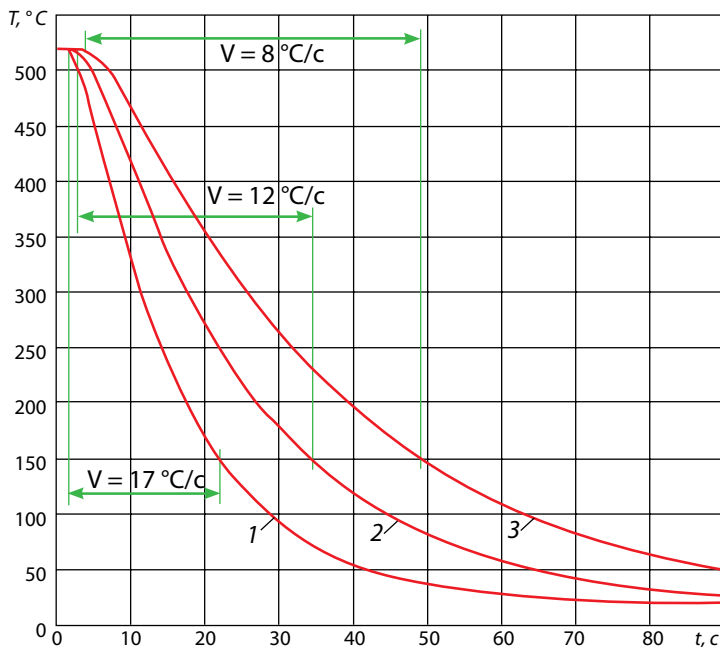
Закалка обеспечивает, с одной стороны, повышение, по сравнению с равновесным состоянием после отжига, твердости и прочности при сохранении пластичности, а с другой — возможность дальнейшего упрочнения при старении.

Высокая пластичность сплава АВЕ после закалки позволяет подвергать катанку волочению, так как легирующие элементы находятся в твердом растворе. При старении структура сплавов приближается к равновесной в результате распада пересыщенного твердого раствора и образования мелкодисперсных частиц. При этом повышаются твердость, прочность, снижается пластичность, возрастает сопротивление коррозии.

Закалка деформируемых сплавов заключается в нагреве до 520 — 530 °С и выдержке при температуре, когда вторичная фаза полностью растворится в твердом растворе, и последующем быстром охлаждении до температуры 20 °С. В результате закалки структура, равновесная при температуре нагрева, фиксируется при температуре 20 °С, так как при быстром охлаждении не происходит распад твердого раствора. После закалки получается пересыщенный твердый раствор.

Охлаждение при закалке производится со скоростью больше критической — минимальной скорости охлаждения, при которой не проис-

Рис.1. Зависимость температуры среднего слоя бухты от времени охлаждения при различных толщинах стенки:
1 — 160 мм; 2 — 220 мм; 3 — 240 мм



ходит распад пересыщенного твердого раствора. В промышленности большинство алюминиевых сплавов при закалке охлаждают в воде с температурой до 40 °С. Скорость охлаждения тонкостенных изделий в холодной воде (600...800 °С/с) значительно превосходит критические скорости охлаждения сплавов (10...120 °С/с). Такие условия охлаждения обеспечивают значительную прокаливаемость. Изделия из алюминиевых сплавов прокаливаются насквозь в толщинах 120..150 мм.

Пересыщенный твердый раствор закаленного сплава отличается повышенным уровнем свободной энергии. Распад твердого раствора, происходящий при старении, приближает фазовое состояние к равновесному.

Основными параметрами старения являются температура и продолжительность выдержки. Старение может развиваться без нагрева при 20 °С — естественное старение или искусственное старение при повышенных температурах 160—170 °С в течение 10—12 ч. Старение приводит к структурным изменениям, вызывающим упрочнение за счет выделения Mg₂S.

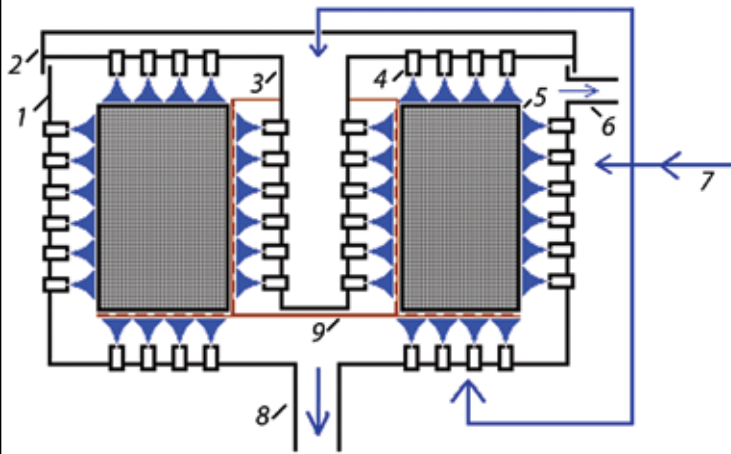
Критическая скорость закалки сплава АВЕ равна 17 °С/с [4]. Реализовать такую скорость закалки способами, опубликованными в [5], можно только для бухт определенного размера. На рис. 1 представлено изменение температуры центрального слоя бухты при охлаждении водой с температурой 20 °С. Закалка завершается при охлаждении до 150 °С [3]. При толщине стенки бухты 160 мм (кривая 1) температура от 520 до 150 °С падает за 21 с, т.е. скорость закалки составляет 17 °С/с. При толщине стенки бухты 200 мм (кривая 2) скорость закалки — 12 °С/с, что меньше критической.

Исходные данные: коэффициент заполнения бухты 0,866; плотность сплава 2700 кг/м³, с учетом коэффициент заполнения бухты — 2350 кг/м³; теплоемкость 796 Дж/(кг °С), с учетом коэффициент заполнения бухты 689 Дж/(кг·°С); теплопроводность сплава 171 Вт/(м·°С) с учетом [5] — 60 Вт/(м·°С). Коэффициент теплопередачи при скорости струи 15 м/с: 7·10⁴ Вт/(м² °С) [6]. Размер бухты для кривой 1 (рис. 1): внешний радиус — 670 мм, внутренний — 510 мм; высота 900 мм, масса — 1248 кг.

Была применена конечно-разностная схема в цилиндрической системе координат, сетка 80x80, шаг по времени 0,01 с.

Рис.2. Аппарат для закалки бухты алюминиевой катанки:

- 1 — емкость; 2 — крышка;
- 3 — Kern; 4 — форсунки;
- 5 — бухта; 6 — выход пара;
- 7 — подача воды; 8 — слив воды;
- 9 — контейнер



На рис. 2 представлен аппарат для закалки бухты алюминиевой катанки.

Аппарат состоит из корпуса 1 и крышки 2. Бухта 5, находящаяся на поддоне, после нагрева в печи до 520 °С помещается в аппарат. В форсунки под давлением подается вода, скорости капельной струи должна быть не менее 15 м/с. Форсунки расположены со всех сторон бухты. Закалка длится 20 с, толщина стенки бухты не должна быть более 160 мм.

Литература

1. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка*. — М.: *Металлургия*, 1993.
2. И. Н. Фридляндер, К. В. Чуистов, А. Л. Березина, Н. Н. Колобнев. *Алюминий-литиевые сплавы. Структура и свойства*. — Киев: *Наукова думка*, 1992.
3. Воронцова Л.А., Маслов В.В., Пешков И.Б. *Алюминий и алюминиевые сплавы в электротехнических изделиях*. — М.: *Энергия*, 1971. — 224 с.
4. *Машиностроение. Справочник. Энциклопедия*. Под ред. Фролова К.В. т. 2-3, 2001.
5. Ковригин Л.А., Бармина О.В. *Управление в ходе технологического процесса скоростью охлаждения бухты катанки из алюминиевого сплава*. «Кабель-news», №12-1, 2009г.
6. Юдаев Б.Н. *Техническая термодинамика. Теплопередача*. — М.: *Высш. шк.*, 1988. — 479 с.