

ИССЛЕДОВАНИЕ СКЛОННОСТИ СПЛАВА ВАЛ10 К ДЕФОРМИРОВАНИЮ

Деформация отливок из алюминиевых сплавов — следствие перераспределения или уменьшения остаточных внутренних напряжений, возникающих в процессе литья, термической и механической обработки. Основные причины появления остаточных напряжений в отливках — неравномерное затвердевание при кристаллизации сплава, а также неоднородные пластические деформации вследствие температурных градиентов, неоднородности фазового и структурного состояния сплава. В отливках из высокопрочных алюминиевых сплавов, подвергаемых упрочняющей термической обработке, преобладают литейные и термические напряжения закалочного происхождения. При суммировании литейные и термические напряжения проявляются в виде остаточной пластической деформации (коробление отливок).

Разработка способов, снижающих остаточные напряжения и, следовательно, склонность к деформации, является одной из актуальных задач. Ее решение позволит существенно уменьшить трудозатраты на производство отливок, повысить надежность деталей при эксплуатации.

С целью выяснения путей уменьшения остаточных напряжений и повышения механических свойств отливок в комплексе проведена экспериментальная оценка эффективности высокотемпературной термоциклической обработки (ВТЦО) сплава ВАЛ10. Теоретические предпосылки возможности использования термоциклической обработки сводятся к тому, что возникающие в результате теплосмен знакопеременные термические напряжения при взаимодействии с остаточными напряжениями в отливке могут привести к превышению предела текучести сплава (σ_T). При этом уровень остаточных напряжений изменяется. Возможные варианты взаимодействия термических напряжений ($\sigma^{\text{терм}}$), возникающих при ТЦО, с остаточными ($\sigma_{\text{ост}}$) рассмотрены в работе [1]:

$$1) \sigma_{\text{ост}} + \sigma^{\text{терм}} < \sigma_T;$$

$$2) \sigma_{\text{ост}} + \sigma^{\text{терм}} > \sigma_T, \text{ где } \sigma^{\text{терм}} < \sigma_T;$$

$$3) \sigma_{\text{ост}} + \sigma^{\text{терм}} > \sigma_T, \text{ где } \sigma^{\text{терм}} > \sigma_T.$$

Эффективное снижение напряжений наблюдается в условиях, соответствующих второму варианту. В работе использованы варианты ВТЦО (рис. 1), отличающихся температурным интервалом циклирования и количеством циклов в сопоставлении с известными видами закалки. Режимы ВТЦО выбирались таким образом, чтобы при минимальных остаточных напряжениях сплав обладал высокими механическими свойствами.

Исследования напряженного состояния и оценка склонности к деформированию проводились на кольцевых образцах переменного сечения [2]. Уровень остаточных напряжений оценивали по степени деформации кольца после его разрезки в тонкой части. Исследования показали, что наибольший эффект

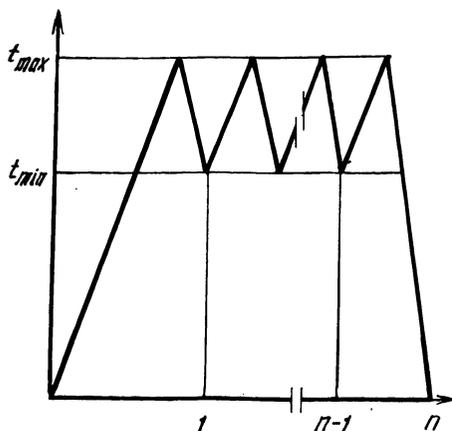


Рис. 1. Схема термоциклической обработки отливок из сплава ВАЛ10 с закалкой в воду от последнего цикла:

$$T_{\max} = 545^{\circ}\text{C}; T_{\min} = 495-295^{\circ}\text{C}$$

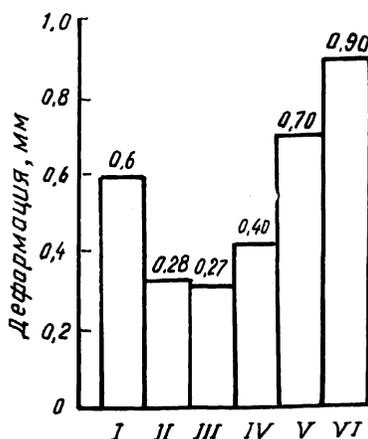


Рис. 2. Изменение деформации отливок из сплава ВАЛ10 в зависимости от температурного интервала циклирования (15 циклов):

I — режим Т6; II — $545 \rightleftharpoons 495^{\circ}\text{C}$;
 III — $545 \rightleftharpoons 445^{\circ}\text{C}$; IV — $545 \rightleftharpoons 395^{\circ}\text{C}$;
 V — $545 \rightleftharpoons 345^{\circ}\text{C}$; VI — $545 \rightleftharpoons 295^{\circ}\text{C}$

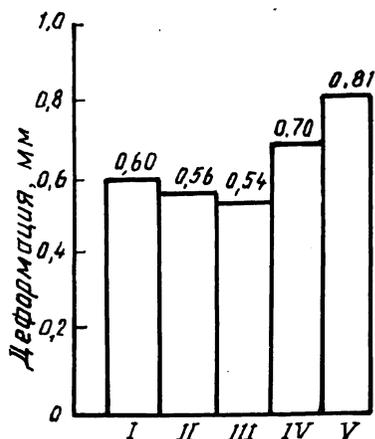


Рис. 3. Изменение деформации отливок из сплава ВАЛ10 в зависимости от количества циклов ТЦО в интервале температур $545 \rightleftharpoons 345^{\circ}\text{C}$:

I — режим Т6; II — 5 циклов; III — 10; IV — 15; V — 20 циклов

ВТЦО наблюдается при циклировании в интервале температур $545 \rightleftharpoons 495^{\circ}\text{C}$ (рис. 2), когда реализуется второй вариант взаимодействия напряжений; деформация образцов при этом имеет наименьшее значение. Во время ТЦО происходит микропластическая деформация сплава, в результате чего остаточные напряжения перераспределяются и релаксируют.

При закалке, которой предшествует ТЦО, и последующем старении сплава обеспечивается повышение его пластических свойств в 1,3–1,5 раза при сохранении прочностных свойств по сравнению с традиционным методом обработки по режиму Т6 (545°C , 12 ч; 170°C , 7 ч) [2].

Дальнейшее расширение температурного интервала циклирования приводит к повышению деформации образцов без существенного изменения их механических свойств, что вызвано ростом термических напряжений, достигающих $\sigma_{\text{терм}} > \sigma_T$. Изменение остаточных напряжений происходит по третьему варианту, причем уровень их не меняется, происходит лишь смена их знака.

Уровень остаточных напряжений, помимо неоднородности пластических деформаций, зависит также от неоднородности структурного состояния сплава, которая наиболее заметно проявляется при изменении количества циклов обработки (рис. 3). Закономерность изменения деформации образцов в зависимости от количества циклов повторяется для всех температурных интервалов. Большая деформация образцов при малых количествах циклов объясняется неоднородностью структурного состояния сплава. Избыточные фазы располагаются в зернах α -твердого раствора неравномерно, преимущественно около границ зерен. С увеличением количества циклов повышается однородность структуры, при этом понижается деформация образцов. Повышение деформации с увеличением количества циклов объясняется необратимыми формоизменениями и термической усталостью сплава.

Проведенные исследования показали эффективность ВТЦО с целью уменьшения склонности к деформированию сплава ВАЛ10 при высоких значениях механических свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хенкин М.Л., Локшин И.Х. Размерная стабильность металлов и сплавов в точном машиностроении и приборостроении. — М., 1974. — 255 с. 2. Аристова Н.А., Колобнев И.Ф. Термическая обработка литейных алюминиевых сплавов. — М., 1977. — 143 с.

УДК 669.046.516:669.715

И.Ю.КУПРИЯНОВА, Е.В.САВИЦКАЯ

СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ОБРАБОТАННЫХ МОДИФИКАТОРАМИ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Для улучшения структуры и механических свойств промышленных сплавов на основе системы алюминий—кремний применяют различные технологические методы: регулируют режимы плавки и литья, меняют условия кристаллизации отливок. Ускоренное охлаждение, например при литье в металлические формы под давлением, дает возможность измельчить присутствующие в структуре грубые хрупкие включения кремния и интерметаллических фаз, что позволяет повысить прочность и, особенно, низкую пластичность, присущую литейным алюминиевым сплавам. Но наиболее действенным фактором, определяющим благоприятное структурообразование силуминов, остается модифицирование, т.е. измельчение структуры за счет введения в расплав перед его заливкой малых добавок модифицирующих элементов. Самым распространенным в настоящее время модификатором силуминов является металлический натрий и его соединения, надежно обеспечивающие измельче-