

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СПЛАВА АК7пч

Дубровская А.В.,

научный руководитель канд. тех. наук Дроздова Т.Н.

Сибирский федеральный университет

Силумины системы Al-Si-Mg относятся к литейным термически упрочняемым сплавам. Упрочнение сплавов можно достигнуть, применяя закалку и искусственное старение. В работе исследовали влияние термической обработки на свойства сплава АК7пч. Сплав АК7пч подвергают термической обработке по режимам, указанным в таблице 1. Сплавы системы Al-Si-Mg нагревают под закалку до температуры 535 ± 5 °С, выдерживают 2-12 часов и охлаждают в воде с температурой 20-100 °С. Старение проводят при температуре $(150-250) \pm 5$ °С в течение 3-10 часов.

Высокая исходная легированность алюминиевого твердого раствора позволяет, варьируя температуру и время старения после закалки режим Т5 и режим Т8 получать широкий диапазон механических свойств. Термообработка по режимам Т5 и Т6, используются для получения высокой прочности за счет пониженной пластичности. Режимы перестаривания Т7 и режим Т8, обеспечивают повышенную пластичность, а также размерную стабильность отливок из силуминов, но при этом характеристики прочности оказываются невысокими.

Максимальная прочность и твердость силуминов обеспечивается режимом Т6 – закалка и полное искусственное старение. По режиму Т6 сплав АК7пч нагревают под закалку до температуры 535 ± 5 °С, выдерживают 2-12 часов и охлаждают в воде с температурой 20-50 °С. Старение проводят при температуре 175 ± 5 °С в течение 3-10 часов.

Таблица 1 – Режимы термической обработки сплава АК7пч, ГОСТ 1583-93

Марка сплава	ТО	Способы литья	Закалка			Старение		σ_B , МПа	δ , %	НВ
			температура нагрева, °С	время выдержки, ч	охлаждающая среда	температура нагрева, °С	время выдержки, ч			
АК7пч	Т4	К, КМ	535 ± 5	2-12	Вода, 20-50	–	–	225	5	50
	Т5	К, КМ	535 ± 5	2-12	Вода, 20-50	150 ± 5	3-10	265	4	60
	Т6	К, КМ	535 ± 5	2-12	Вода, 20-50	175 ± 5	3-10	294	3	70
	Т7	ЗМ, ВМ	535 ± 5	2-12	Вода, 80-100	250 ± 10	3-5	206	2,5	60
	Т8	ЗМ, ВМ	535 ± 5	2-12	Вода, 80-100	250 ± 10	3-5	167	3,5	55

Условные обозначения видов термической обработки: Т4 – закалка; Т5 – закалка и кратковременное (неполное) искусственное старение; Т6 – закалка и полное искусственное старение; Т7 – закалка и стабилизирующий отпуск; Т8 – закалка и смягчающий отпуск.

Условные обозначения способов литья: З – литье в песчаные формы; В – литье по выплавляемым моделям; К – литье в кокиль; М – сплав подвергается модифицированию.

Термическая обработка силуминов вносит заметный вклад в формирование отливки в результате изменения морфологических параметров структуры, а также фазового состава. Закалка сплава АК7пч приводит к существенным изменениям исходной литой структуры. В процессе высокотемпературной выдержки перед закалкой растворяется неравновесный избыток фаз эвтектического происхождения (в частности Mg_2Si), соответственно увеличивается легированность алюминиевого твердого раствора. В большей или меньшей степени изменяется и морфология фаз

кристаллизационного происхождения. Особенно важно принципиальное изменение структуры колоний алюминиево-кремниевой эвтектики. В процессе изотермической выдержки происходит фрагментация и сфероидизация монокристаллов кремния внутри каждой колонии и последующая их коагуляция. В результате после закалки на месте бывших эвтектических колоний возникают скопления множества компактных кристаллов кремния. Такое изменение структуры, как и уменьшение объемной доли хрупких избыточных фаз в результате их растворения, вызывает заметное повышение показателей пластичности закаленных отливок по сравнению с литым состоянием.

Для повышения прочностных характеристик сплав после закалки подвергают старению. Температуру старения назначают ниже температуры сольвуса сплава, ориентируясь на требуемый уровень свойств. Максимальный эффект от термической обработки сплавов системы Al-Si-Mg достигается при содержании в них около 2 % фазы Mg₂Si. При этом предельная растворимость Mg₂Si в алюминии при температуре закалки 540 °C составляет 1,2-1,3 %. Эффект старения тройных сплавов наблюдается уже при содержании 0,2 % Mg₂Si. С увеличением количества Mg₂Si повышаются твердость, временное сопротивление и предел текучести, а относительное удлинение уменьшается.

В работе проводили анализ влияния технологических параметров упрочняющей термообработки на свойства отливок из сплава АК7пч. Исследованию подвергались следующие параметры термообработки: температура закалки 520 °C, 530 °C и 540 °C, время выдержки 6 часов, охлаждение образцов после закалки осуществляли в воду с температурой 80°C; температура старения 145 °C, 150 °C и 160°C, время выдержки 3 часа. После старения образцов были проведены испытания на растяжение в соответствии с ГОСТ 1497-84. Изменение прочностных свойств в зависимости от температуры закалки и старения приведено на рисунке 1.

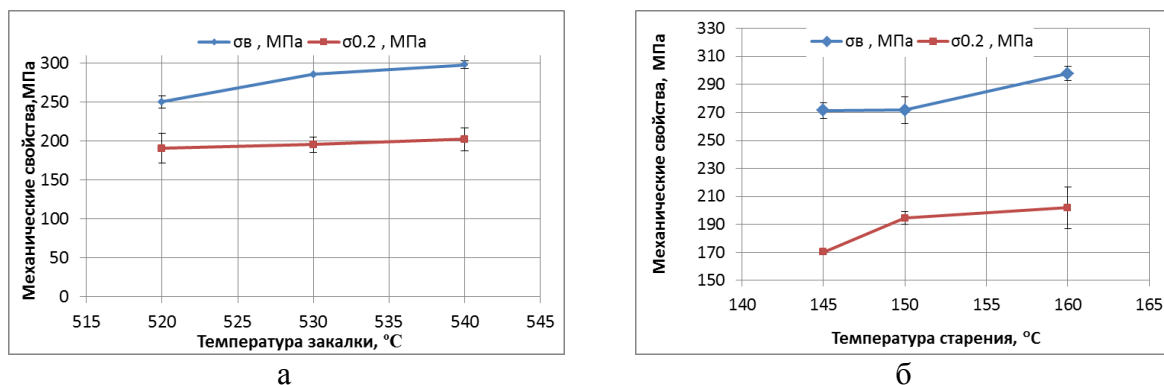


Рисунок 1 –Изменение механических свойств в зависимости от температуры закалки (а) и старения (б)

Анализ зависимости прочностных свойств от температуры закалки показал, что с увеличением температуры закалки растет временное сопротивление разрыву, предел текучести практически не меняется. На прочностные свойства существенно влияет температура старения в пределах от 150 до 160 °C – с увеличением температуры старения повышаются прочностные свойства.

В работе проводили множественный регрессионный анализ вышеприведенных параметров упрочняющей термообработки в результате, которого получили уравнения регрессии, описывающие связь между температурой закалки, старения и механическими свойствами:

$$\sigma_{\text{в}} = 111 + 0,19 \cdot t_{\text{зак}} + 0,38 \cdot t_{\text{стар}}$$

$$\sigma_{0,2} = -53,8 - 0,002 \cdot t_{\text{зак}} + 1,55 \cdot t_{\text{стар}}$$

$$\delta = 74,988 - 0,072 \cdot t_{\text{зак}} - 0,17 \cdot t_{\text{стар}}$$