

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ИЗ СИЛУМИНА МАРКИ

АК7пч

Грудинина Н.В.¹, Богданова Т.А.², Меркулова Г.А.¹, Сергеева О.Ю.¹

научный руководитель канд. техн. наук Меркулова Г.А.

¹ Сибирский федеральный университет

² ООО «КиК»

Сплав АК7пч относится к системе Al-Si-Mg и является термоупрочняемым. Силумины широко применяют для изготовления изделий различными методами литья, в частности, для изготовления дисков автомобильных колес, получаемых литьем под низким давлением. Автомобильные колеса всегда находятся в экстремальных условиях эксплуатации: при торможении возможен разогрев диска до 180 °С, ведется обработка дорожных покрытий, особенно, в зимнее время, специальными реагентами. Для снижения влияния внешних факторов и получения привлекательного вида автомобильных колес применяют декоративно-защитное покрытие их поверхности. Полимерное покрытие должно обладать хорошими эксплуатационными свойствами: стойкостью к механическим воздействиям и агрессивной среде, повышенной адгезией, обеспечивать высокую антикоррозийную устойчивость изделий из металла. Покраска повышает прочностные характеристики колес, увеличивает гарантийный срок службы до трёх лет, модельный ряд, улучшает внешний вид, а также повышает число продаж.

В данной работе, выполненной на предприятии ООО «КиК» совместно с СФУ, исследованы механические свойства (временное сопротивление разрыву σ_b , условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, относительное удлинение δ) образцов сплава АК7пч после термообработки по 24 режимам. Особое внимание уделено влиянию покраски, которая входит в технологию производства дисков автомобильных колес.

Термическая обработка отливок является промежуточной операцией в технологической цепочке производства колес. Затем следуют механическая обработка дисков колес на токарных станках и нанесение декоративно-защитного покрытия (окрашивание).

Процесс покраски состоит из этапов нанесения грунта, краски и лака. Суммарное время нахождения колес на линии покраски составляет 1 час, температура в печи 190 °С.

Изучены механические свойства после комплексной обработки: термообработка (закалка + старение) + дополнительный нагрев при 190 °С в течение 1 ч (покраска). Рассмотрено влияние 6 и 8-часового нагрева перед закалкой с 538 °С, влияние температуры искусственного старения при 150, 160 и 170 °С в течение 3-х и 4-х часов выдержки (см. табл. 1 - 4).

Исследовано влияние шестичасовой выдержки при нагреве под закалку, искусственного старения после трех и четырехчасовой выдержки и покраски на механические свойства сплава АК7пч в трех зонах диска колеса (см. табл.1-2). Установлено, что с повышением температуры старения повышаются прочностные свойства после термообработки и наблюдается некоторое снижение пластичности (см. табл.1).

Покраска приводит к дальнейшему повышению прочности (σ_b и $\sigma_{0,2}$). Пластичность после покраски в зоне обода повысилась с 6,8 (150°С / 3ч) до 7,2 (170°С / 3ч) %. В зоне спицы – понизилась с 4,3 (150°С / 3ч) до 2,6 (170°С / 3ч) %. (табл.2).

Применение четырехчасовой выдержки при искусственном старении после закалки 538 °С / 6ч показало, что повышение температуры старения приводит к увеличению σ_b в зоне ступицы и спицы, но к понижению в зоне обода (см. табл.1). Покраска способствует некоторому понижению σ_b (см. табл.2) в зоне обода и спицы. Значения условного предела текучести повышаются с увеличением температуры старения от 150 до 170 °С. Покраска приводит к дополнительному повышению $\sigma_{0,2}$.

Установлено, что после закалки с 538 °С / 8ч повышение температуры старения способствует повышению временного сопротивления разрыву, особенно в зоне ступицы: $\sigma_b=220$ (150 °С), 247 (160 °С), 260 (170 °С) МПа (см. табл. 3). После покраски временное сопротивление разрыву не понизилось (см. табл. 4) и составило (в зоне ступицы) 220 (150 °С), 250 (160 °С), 260 (170 °С) МПа. Во всех трех зонах диска колеса значения временного сопротивления выше требуемого. В спице и ободе температура старения существенного влияния на σ_b не оказывает. Аналогичное влияние температуры старения установлено и на условный предел текучести (см. табл. 3): в зоне ступицы $\sigma_{0,2}$ равно 174 (150 °С), 190 (160 °С), 198 (170 °С) МПа. Покраска способствует повышению $\sigma_{0,2}$ в зоне ступицы: 197 (150 °С), 210 (160 °С), 215 (170 °С) МПа (см. табл.4). В зоне спицы $\sigma_{0,2}$ практически не изменился и составил 203 (150 °С), 203 (160 °С), 208 (170 °С) МПа. В зоне обода после покраски наблюдается некоторое понижение $\sigma_{0,2}$: 220 (150 °С), 222 (160 °С), 213 (170 °С) МПа. Однако во всех трех зонах после термообработки и после покраски значение условного предела текучести выше, чем требуется ($\sigma_{0,2}=160$ МПа).

Пластичность диска колеса в трех зонах после термообработки соответствует требуемому значению ($\delta=4\%$), но после покраски в зоне ступицы получены очень низкие значения относительного удлинения: 2,7 (150 °С), 3,3(160 °С), 1,9 (170 °С)% (см. табл. 4). Таким образом, трехчасовая выдержка при искусственном старении не достаточна для получения требуемых механических свойств в трех зонах.

Влияние четырехчасовой выдержки при искусственном старении после закалки 538 °С / 8ч на механические свойства показано в табл. 3. Установлено, что старение при 160 °С в течение 4 ч приводит к повышению σ_b и $\sigma_{0,2}$. Старение при 170 °С способствует понижению прочностных свойств. Покраска привела к понижению σ_b , если предварительно было старение по режиму 160 °С / 4ч. Пластичность диска колеса в зоне ступицы ниже требуемого значения после термообработки и особенно понижена после покраски. Однако значение относительного удлинения после покраски равно 4,2% в зоне ступицы, если предварительно было проведено старение по режиму 150 °С / 4ч. Таким образом, обнаружены различные механические свойства в трех зонах диска колеса. Сравнивая свойства, полученные после трех и четырехчасовой выдержки при искусственном старении, можно рекомендовать четырехчасовую выдержку, при которой получены более высокие значения механических свойств (см. табл.3-4).

Анализируя полученные результаты для получения требуемых механических свойств с учетом нанесения покраски для дисков автомобильных колес из сплава АК7пч можно рекомендовать следующий режим термической обработки: *закалка 538 °С / 8ч / вода + искусственное старение 150 °С / 4ч + покраска 190 °С / 1ч*. Установлены более высокие значения временного сопротивления разрыву и условного предела текучести в зоне обода, что можно объяснить мелкозернистой структурой, которая образуется из-за высокой скорости охлаждения при кристаллизации. Зона ступицы имеет грубую микроструктуру и это привело к понижению значений прочности в ней по сравнению с зоной обода и спицы. Однако во всех трех зонах дисков колес получены механические свойства, соответствующие предъявляемым требованиям.

Таблица 1 - Влияние режима старения на механические свойства при закалке 538 °С/6ч

Режим термообработки	Зона	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Закалка 538 °С / 6ч + старение 150 °С / 3ч	спица	223	171	4,9
	обод	258	182	8,8
	ступица	230	168	5,5
Закалка 538 °С / 6ч + старение 150 °С / 4ч	спица	251	187	6,9
	обод	268	186	9,2
	ступица	235	190	6,0
Закалка 538 °С / 6ч + старение 160 °С / 3ч	спица	255	205	5,0
	обод	269	209	8,3
	ступица	253	198	5,4
Закалка 538 °С / 6ч + старение 160 °С / 4ч	спица	253	194	6,4
	обод	270	207	6,9
	ступица	230	194	3,4
Закалка 538 °С / 6ч + старение 170 °С / 3ч	спица	263	220	4,5
	обод	274	226	6,8
	ступица	258	210	5,4
Закалка 538 °С / 6ч + старение 170 °С / 4ч	спица	255	217	4,8
	обод	258	212	5,5
	ступица	243	218	3,3

Таблица 2 - Влияние режима старения на механические свойства при закалке 538 °С/6ч с учетом покраски

Режим термообработки	Зона	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Закалка 538 °С / 6ч + старение 150 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	245	207	4,3
	обод	267	213	6,8
	ступица	240	200	3,6
Закалка 538 °С / 6ч + старение 150 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	263	210	6,9
	обод	270	220	6,0
	ступица	255	207	6,0
Закалка 538 °С / 6ч + старение 160 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	265	213	5,0
	обод	271	213	7,1
	ступица	247	207	3,7
Закалка 538 °С / 6ч + старение 160 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	243	202	3,8
	обод	263	218	5,1
	ступица	250	215	3,7
Закалка 538 °С / 6ч + старение 170 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	255	230	2,6
	обод	274	218	7,2
	ступица	250	220	3,6
Закалка 538 °С / 6ч + старение 170 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	250	213	4,0
	обод	265	220	4,7
	ступица	250	216	3,0

Таблица 3 - Влияние режима старения на механические свойства при закалке 538 °С/8ч

Режим термообработки	Зона	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Закалка 538 °С / 8ч + старение 150 °С / 3ч	спица	245	175	7,1
	обод	258	200	8,1
	ступица	220	174	4,1
Закалка 538 °С / 8ч + старение 150 °С / 4ч	спица	249	184	7,1
	обод	268	197	8,2
	ступица	235	198	3,6
Закалка 538 °С / 8ч + старение 160 °С / 3ч	спица	242	171	7,6
	обод	267	200	10,6
	ступица	247	190	6,7
Закалка 538 °С / 8ч + старение 160 °С / 4ч	спица	255	203	6,3
	обод	263	210	6,0
	ступица	250	220	3,7
Закалка 538 °С / 8ч + старение 170 °С / 3ч	спица	248	187	5,7
	обод	265	197	6,3
	ступица	260	198	4,2
Закалка 538 °С / 8ч + старение 170 °С / 4ч	спица	247	187	6,2
	обод	267	203	7,1
	ступица	225	198	2,5

Таблица 4 - Влияние режима старения на механические свойства при закалке 538 °С/8ч с учетом покраски

Режим термообработки	Зона	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Закалка 538 °С / 8ч + старение 150 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	255	203	5,8
	обод	268	220	5,7
	ступица	220	197	2,7
Закалка 538 °С / 8ч + старение 150 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	259	214	5,8
	обод	273	219	7,3
	ступица	248	215	4,2
Закалка 538 °С / 8ч + старение 160 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	255	203	6,0
	обод	275	222	7,0
	ступица	250	210	3,3
Закалка 538 °С / 8ч + старение 160 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	255	204	5,4
	обод	260	212	5,2
	ступица	230	210	2,5
Закалка 538 °С / 8ч + старение 170 °С / 3ч + покраска 190°С / 1ч	спица	258	208	4,5
	обод	265	213	3,9
	ступица	260	215	1,9
Закалка 538 °С / 8ч + старение 170 °С / 4ч + покраска 190°С / 1ч	спица	248	210	4,2
	обод	273	223	6,9
	ступица	235	215	2,5