

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

УДК 669.715

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И НАНЕСЕНИЯ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ИЗ СПЛАВА АК7ПЧ

Богданова Т.А.¹, Довженко Н.Н.², Меркулова Г.А.², Гильманшина Т.Р.², Латыпов Ф.Р.³¹ ООО «КиК», г. Красноярск, Россия² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия³ Уфимский государственный авиационный технический университет, Башкортостан

Аннотация. Изучено влияние режимов закалки, искусственного старения и нанесения декоративно-защитного покрытия на механические свойства и структуру дисков автомобильных колес из сплава АК7пч. Установлено, что формирование мелкодисперсной структуры при литье под низким давлением гарантирует более высокие механические свойства (временное сопротивление разрыву и относительное удлинение) колес после их термообработки.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, литье под низким давлением, термическая обработка, декоративно-защитное покрытие, механические свойства, микроструктура.

Введение

Автомобильные колеса при эксплуатации находятся в экстремальных условиях и подвергаются высоким механическим нагрузкам: при торможении возможен разогрев диска до 180°C; в зимнее время на колеса воздействуют реагенты для обработки дорожного покрытия. Для снижения влияния внешних факторов и получения привлекательного вида на автомобильные колеса наносят декоративно-защитные полимерные покрытия (покраску), которые должны обладать стойкостью к механическим воздействиям и агрессивной среде, повышенной адгезией, обеспечивать высокую антикоррозионную устойчивость. Использование покрытий позволяет продлить срок службы колес, улучшить их внешний вид, повысить объем продаж.

Известно, что эксплуатационные свойства изделий связаны с уровнем механических характеристик материала в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50511. Поэтому контроль чистоты расплава проводят на этапе его приготовления методом индекса плотности [1], а качества термической обработки – на готовых отливках. В случае отклонений устранение брака на данном технологическом этапе возможно без больших затрат.

Методы исследования

Целью данной работы, выполненной специа-

листами* предприятия ООО «КиК» совместно с ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, является исследование связи механических свойств колес из сплава АК7пч, относящегося к системе Al-Si-Mg и являющегося термоупрочняемым, с параметрами структуры, полученной после литья под низким давлением и термической обработки.

Для изучения взаимосвязи механических свойств и структурных факторов образцы отбирали из разных зон колеса: обод, спица и ступица.

Исследование структуры показало отличие в значениях дендритного параметра, обусловленное условиями кристаллизации различных зон колеса, зависящими от скорости охлаждения зоны (рис. 1). В зоне обода зафиксирован дендритный параметр, равный 20±5 мкм; 40±5 мкм соответствует зоне спицы и 60±5 мкм – зоне ступицы. Полученные значения дендритного параметра можно объяснить следующим образом. Сечение обода является наиболее тонкой частью отливки (размер сечения до 10 мм), которая заполняется расплавом и кристаллизуется в первую очередь. Размер сечения зоны спицы составляет ~50 мм. Зона ступицы (размер сечения до 100 мм), в свою очередь, заполняется и кристаллизуется последней.

* Термическая обработка выполнена при участии инженера ООО «КиК» М.В. Кырмаковой.

Исследовали влияние режимов термообработки (Т6) на механические свойства различных зон колес (рис. 2, 3): время выдержки перед закалкой с 538°C составляло 6 и 8 ч; температура искусственного старения равна 150, 160 и 170°C, выдержка в течение 3- и 4-х ч. Установлено, что с

увеличением температуры старения повышаются прочностные свойства и наблюдается снижение пластичности. При этом «отзывчивость» на режимы термической обработки зоны обода выше, чем в зоне ступицы. Это связано с различной дисперсностью структуры каждой зоны колеса.

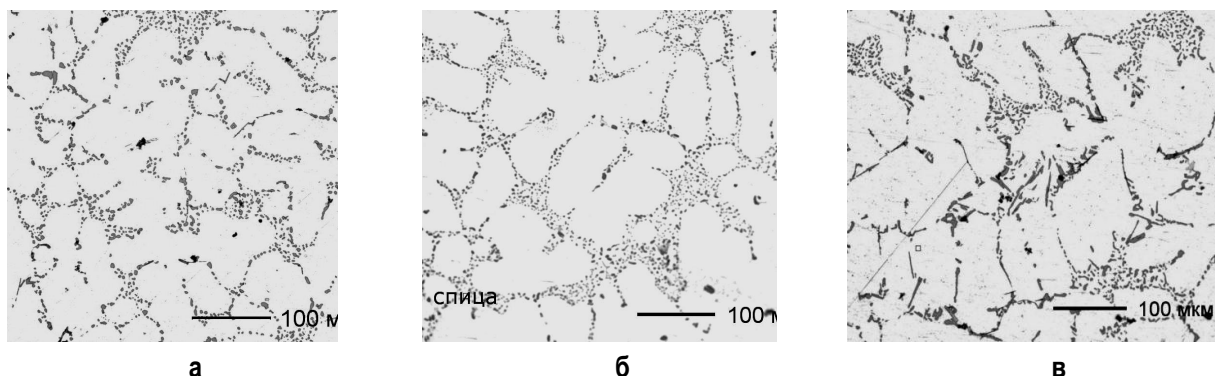


Рис. 1. Микроструктура диска автомобильного колеса из сплава АК7пч в зоне обода (а), спицы (б) и ступицы (в), ×500

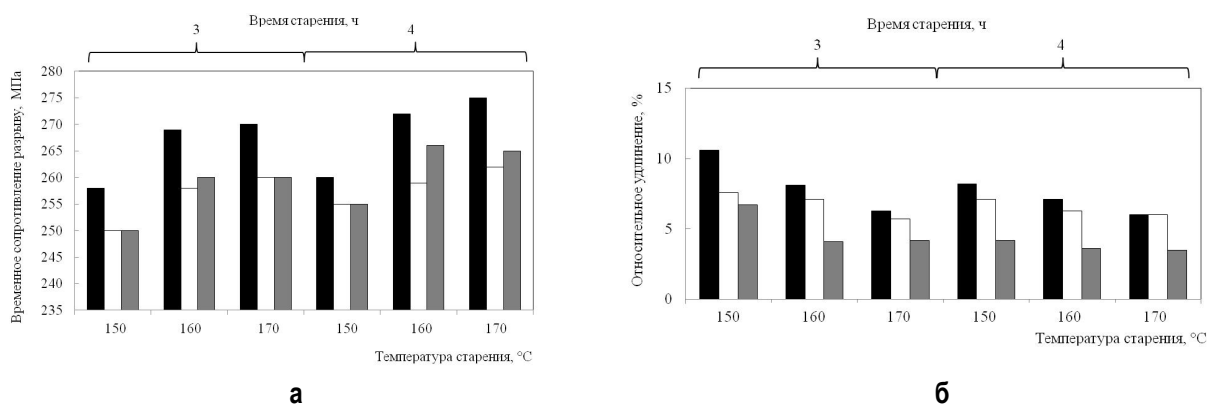


Рис. 2. Зависимость временного сопротивления разрыву (а) и относительного удлинения (б) образцов колес от режимов термообработки. Режим закалки: 538°C / 8 ч. Зоны колеса: ■ – обод; □ – спица; ■ – ступица

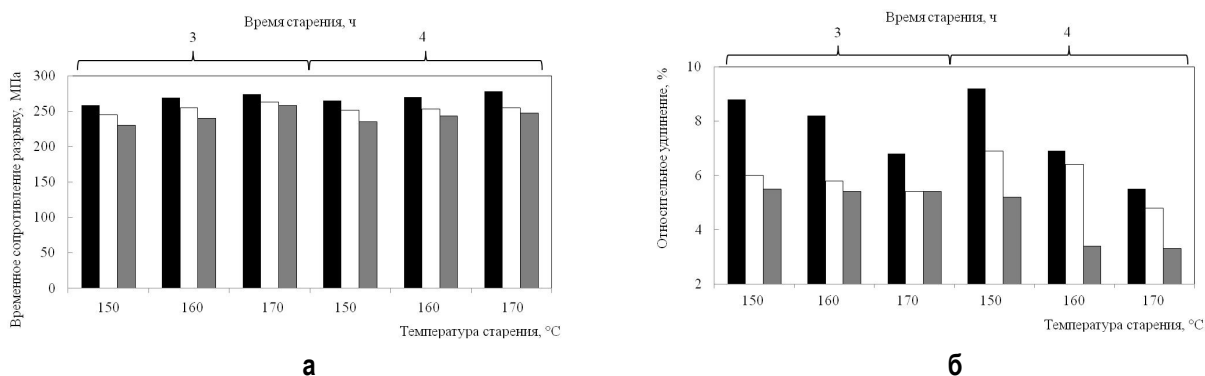


Рис. 3. Зависимость временного сопротивления разрыву (а) и относительного удлинения (б) образцов колес от режимов термообработки. Режим закалки: 538°C / 6 ч. Зоны колеса: ■ – обод; □ – спица; ■ – ступица

Одной из наиболее ресурсозатратных операций производства литых колес является операция покраски. Контроль качества на этом этапе исключает возможность передела и значительно увеличивает затраты производства. Процесс покраски состоит из этапов последовательного нанесения и сушки грунта, краски и лака. Суммарное время нахождения колес на линии покраски составляет около 1 ч, максимальная температура в печи достигает 190°C, что можно считать второй ступенью искусственного старения для сплава АК7пч [2–4], в связи с чем при проектировании колес и технологии их изготовления необходимо учитывать возможные изменения свойств на этом технологическом переделе.

В ходе проведения испытаний было установлено, что термическое воздействие в процессе нанесения и сушки покрытия приводит к повышению прочности и снижению пластичности колес.

Учитывая объемы производства и 100% уровень контроля термообработки отливок колес, требовалось разработать практические рекомендации по изменению доли механических свойств после термического воздействия в процессе нанесения и сушки покрытия (см. таблицу).

Доля изменения механических свойств колес из сплава АК7пч (%) после термического воздействия при нанесении декоративно-защитного покрытия при 190°C

Режим термообработки							
Выдержка (ч) перед закалкой в воду с 538°C	Температура, °C	Старение					
		Время, ч					
		3			4		
		зона колеса					
	обод	спица	ступица	обод	спица	ступица	
6	150	$\frac{3}{-23}$	$\frac{5}{-28}$	$\frac{10}{-31}$	$\frac{2}{-30}$	$\frac{3}{-25}$	$\frac{7}{-25}$
	160	$\frac{1}{-13}$	$\frac{4}{-22}$	$\frac{4}{-26}$	$\frac{1}{-15}$	$\frac{1}{-20}$	$\frac{3}{-18}$
	170	$\frac{0}{-6}$	$\frac{-3}{-20}$	$\frac{-3}{-21}$	$\frac{-1}{-12}$	$\frac{-2}{-17}$	$\frac{1}{-16}$
8	150	$\frac{4}{-36}$	$\frac{2}{-24}$	$\frac{2}{-30}$	$\frac{5}{-30}$	$\frac{2}{-18}$	$\frac{-3}{-25}$
	160	$\frac{-2}{-14}$	$\frac{-1}{-15}$	$\frac{-4}{-20}$	$\frac{-5}{-27}$	$\frac{-2}{-14}$	$\frac{-8}{-22}$
	170	$\frac{-2}{10}$	$\frac{-1}{-12}$	$\frac{0}{-15}$	$\frac{-1}{15}$	$\frac{-6}{-10}$	$\frac{-13}{-10}$

Примечание. «+» – изменение свойств в сторону увеличения, «-» – в сторону понижения. В числителе даны значения по изменению временного сопротивления разрыву (σ_b), в знаменателе – по изменению относительного удлинения (δ).

Анализируя данные, представленные в **таблице**, можно прогнозировать получение механических свойств после комплексной термообработки (закалка + старение + покраска). Установлено, что термическое воздействие при покраске оказывает

наиболее существенное влияние на пластичность. Доля изменения временного сопротивления разрыву составляет от 1 до 10%, а доля изменений относительного удлинения – от 10 до 30%.

Использование режима закалки 538°C/8 ч привело к повышению пластических характеристик колес, связанному с более эффективным процессом растворения кремния в эвтектике. Применение четырехчасовой выдержки при искусственном старении после закалки показало, что повышение температуры старения до 170 °C приводит к увеличению σ_b в зоне ступицы и спицы, а в зоне обода к понижению. Для мелкодисперсной структуры обода старение при 170°C + термическое воздействие при покраске привели к увеличению относительного удлинения на 10–15%, что характерно для процесса перестаривания сплава и режима термообработки Т7. Полученные результаты можно объяснить различием в скорости прохождения диффузионных процессов в различных зонах колеса. Можно предположить, что увеличение пластичности связано также с уменьшением концентрации дефектов кристаллической решетки. Это подтверждается ранее проведенными экспериментами [2]. Применение режима 538°C/8 ч + 170°C в результате комплексной термообработки (с термическим воздействием при нанесении покрытия) приводит к разупрочнению колеса в зоне обода и повышению анизотропии свойств (см. таблицу).

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что при разработке технологии изготовления колес необходимо учитывать влияние структуры на механические свойства. Установлено, что уровень механических свойств в значительной степени зависит от размера дендритного параметра. В зоне обода уровень прочностных свойств в среднем на 10%, а пластичность – на 20% выше, чем в зоне спицы и ступицы. «Отзывчивость» на термическую обработку в зоне спицы и ступицы повышается только с увеличением времени выдержки перед закалкой до 8 ч и требует увеличения затрат на более длительный режим термообработки. Для разработки энерго-сберегающих технологий термообработки следует особое внимание уделить режимам литья, обеспечивающим получение наиболее мелкодисперсной структуры во всех зонах колеса. Формирование такой структуры позволит снизить общее время термообработки и прямые производственные затраты. Влияние режимов термического воздействия при покраске на свойства готовых колес снижается при увеличении температуры искусственного старения до 170°C.

Список литературы

1. Перспективный метод экспресс-контроля Al-сплавов / Богданова Т.А., Мельников С.В., Довженко Н.Н., Падалка В.А., Орелкина Т.А., Гильманшина Т.Р. // *Металлургия машиностроения*. 2014. № 2. С. 12–15.
2. Аристова Н.А., Колобнев И.Ф. *Термическая обработка литейных алюминиевых сплавов*. М.: *Металлургия*, 1977. 144 с.
3. Влияние температуры нагрева при покраске на структуру и свойства дисков автомобильных колес из сплава АК12 / Богданова Т.А., Меркулова Г.А., Дубинин П.С., Бурлылова Т.В. // *Цветные металлы 2013: сб. докладов пятого междунар. конгресса* (Красноярск, 4–6 сент. 2013 г.). Красноярск, 2013. С. 535–539.
4. *Алюминий: свойства и физическое металловедение: справ. изд.: пер. с англ.* / под ред. Хэтча Дж. Е. М.: *Металлургия*, 1989. 422 с.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT MODES AND APPLICATION OF A DECORATIVE PROTECTIVE COATING ON MECHANICAL PROPERTIES AND THE STRUCTURE OF AUTOMOBILE WHEEL DISKS OF AK7PCH ALLOY

Bogdanova Tatyana Alexandrovna – Head of the Metallurgical Department, LLC K&K, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: bat@kandk.ru.

Dovzhenko Nikolay Nikolayevich – D.Sc. (Eng.), Professor, Director of the Oil and Gas Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: n.dovzhenko@bk.ru

Merkulova Galina Alexandrovna – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: gam1602@mail.ru.

Gilmanshina Tatyana Rinatovna – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: gtr1977@mail.ru

Latypov Farit Rafgatovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University, Bashkortostan. E-mail: vei10@yandex.ru.

References

- Abstract.** The influence of modes of hardening and artificial ageing, application of a decorative protective coating on mechanical properties and the structure of automobile wheel disks of AK7pch alloy is studied. It is established that formation of a finely dispersed structure during low-pressure casting guarantees higher mechanical properties (rupture strength and percentage elongation) of wheels after heat treatment.
- Keywords:** aluminum alloy, low-pressure casting, heat treatment, decorative protective coating, mechanical properties, microstructure.
1. Bogdanova T.A., Melnikov S.V., Dovzhenko N.N., Padalka V.A., Orelnina T.A., Gilmanshina T.R. Prospective method of Al-alloys express-control. *Perspektivnyj metod ehkspress-kontrolya Al-splavov* [Metallurgy of mechanical process engineering]. 2014, no. 2, pp. 12-15.
 2. Aristova N.A., Kolobnev I.F. *Termicheskaya obrabotka litejnykh alyuminievykh splavov* [Cast aluminium alloys heat treatment]. Moscow: Metallugiya, 1977, 144 p.
 3. Bogdanova T.A., Merkulova G.A., Dubinin P.S., Burylova T.V. The influence of heating temperature during coating process on properties and structure of wheel disks made of AK12 alloy. *Tsvetnye metally 2013* [Non-ferrous metals 2013]. Krasnoyarsk, 2013, pp. 535-539.
 4. *Aluminium: properties and physical metallurgy. Handbook*. Translated from English. Ed. by Hatch J.E. Moscow: Metallugiya, 1989, 422 p.

УДК 669.017:620.186

ДЕФОРМАЦИОННОЕ СТАРЕНИЕ ТРУБНОЙ СТАЛИ С ФЕРРИТОБЕЙНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Варнак О.В.¹, Ильин С.И.², Пышминцев И.Ю.¹, Смирнов М.А.², Тетеркин С.Н.³

¹ ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск, Россия

² ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), г. Челябинск, Россия

³ ОАО «Челябинский металлургический комбинат», Россия

Аннотация. Установлено, что сталь 06Г2ФБ с ферритобейнитной структурой обладает заметной склонностью к деформационному старению. Развитие деформационного старения сопровождается значительным ростом прочности, заметным снижением равномерного относительного удлинения, скорости деформационного упрочнения и повышением температуры вязкохрупкого перехода.

Ключевые слова: низкоуглеродистая трубная сталь, деформационное старение, феррит, бейнит, механические свойства.