



## Investigation of the Structural Improvements after Heat Treatment of the Aluminium AlSi7Mg Alloy Wheels

Daniela SPASOVA

Technical University of Varna; Varna, Bulgaria  
Phone: +359691004, e-mail: [danielats@abv.bg](mailto:danielats@abv.bg)

### Abstract

In this paper investigates the structural defects determine the mechanical properties of AlSi7Mg alloy wheels obtained by low pressure die casting. Also, the improvements in the structure, respectively the properties after heat treatment (T5) of the obtained details is compared. The structural investigates were determined by macrostructural and microstructural analysis.

**Keywords:** AlSi7Mg alloy wheels, low pressure die casting, macrostructural analysis, microstructural analysis

## Изследване на структурните промени след термично уякчаване на ляти алуминиеви джанти AlSi7Mg

Даниела СПАСОВА

### 1. Въведение

Основните технологии за изработване на алуминиеви джанти са: леене (леене под ниско налягане, леене с противоналягане и леене в кокили) и горещо коване (щамповане). Леене с противоналягане и гравитационно леене се използват много рядко. Леенето под ниско налягане е един от основните методи използван в наши дни за получаване на алуминиеви джанти. Тези методи осигуряват повишени якостни характеристики при производството на части с тънки стени. Технологиата за леене под ниско налягане носи повече разходи, но осигурява безкомпромисна надеждност и отговаря на най-високите изисквания за качество [1].

От метода на леене зависи качеството на отливката – както външният им вид, така и структурата на отливката (например наличието на пори). Известно е, че тези детайли трябва да притежават ниско тегло, оптимална якост, пластичност и еластичност (при умерени натоварвания)[4]. За целта трябва да се избере и подходящ режим на термична обработка на детайлите от конкретната алуминиева сплав AlSi7Mg.

Сплавите от системата Al-Si не се подлагат на уякчаваша термична обработка и са предназначени за отливане на малко натоварени детайли. Ако към системата Al-Si се прибави Mg (под 1%, сплав AlSi7Mg), уякчаването след закаляване и стареене е възможно, тъй като се отделя уякчаваша вторична фаза – Mg<sub>2</sub>Si. [1,3,5]. Това прави сплав AlSi7Mg една от най-използваните сплави за изработване на ляти джанти.

## 2. Изложение

### 2.1. Същност на проблема

При леене на джанти под ниско налягане се използва налягане около 2 bar, за да се получи бързо запълване на леярската форма и плътна микроструктура, следователно и по-високи механични свойства в сравнение с другите методи на леене[2,5]. Както беше споменато по-горе, изследваните джанти са от сплав AlSi7Mg. Тази сплав притежава много добри леярски свойства, особено по отношение на запълване на леярската форма и минималното свиване. Другото преимущество е, че тази сплав е термически уякчаема, което позволява да се увеличи допълнително якостта на детайла. Най-често използваната термична обработка е стандартизираната като „Т6“ – закаляване при температура от 515 до 540 °C и следващо изкуствено стареене 170 °C с време на задържане 8 часа.

Целта на настоящата работата е да се изследват структурните промени на ляти алуминиеви джанти от сплав AlSi7Mg, преди и след допълнителна термична обработка „Т6“ [5]. За да бъдат установени промените в структурата са проведени макроструктурен и микроструктурен анализ. Снимки на изследвания обект са показани на фиг.1.



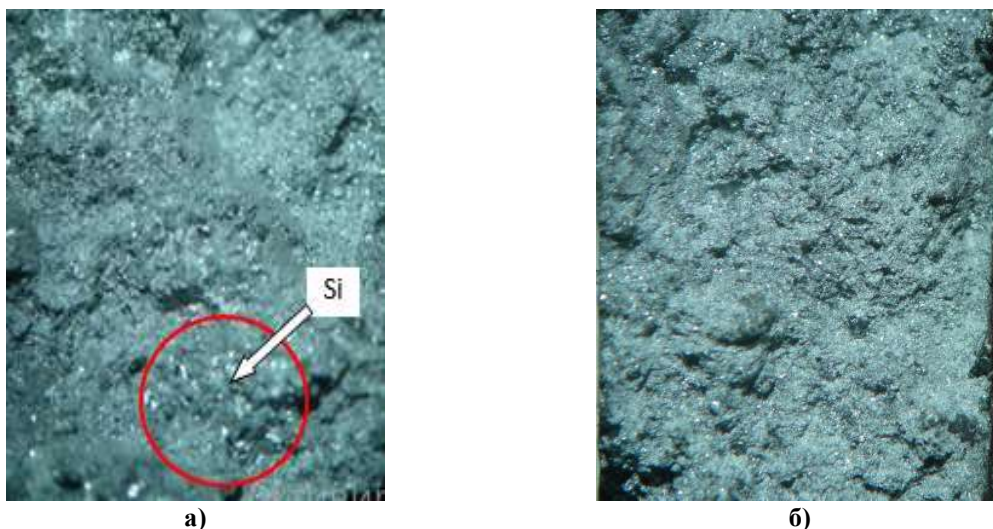
Фиг. 1. Снимки на лята алуминиева джанта от сплав AlSi7Mg

От посочените отливки са изработени пробни тела за макро- и микроструктурен анализ. Макроструктурният анализ е проведен с помощта на бинокулярен микроскоп „Euromex“, върху образци които предварително са изпитани на опън. Микроструктурното изследване е проведено с оптически металографски микроскоп „Neophot32“, а материалът за изработване на металографските шлифове е взет от различни зони на детайла.

### 2.2. Резултати и анализи

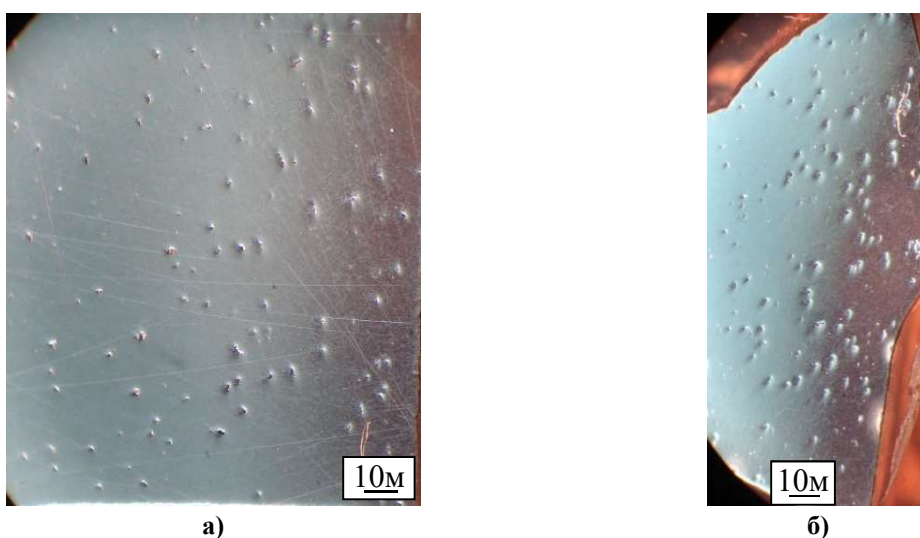
#### 2.2.1 Резултати от проведеният макроструктурен анализ

На фиг. 2.1. са показани снимки на ломове на образци след изпитване на опън – преди и след термична обработка. От фиг. 2.б). се вижда, че термообработената проба е по-дребнозърнеста и с транскристално разрушаване, съответно при изпитването е дала по-високи стойности на якост на опън. При необработената термично проба (фиг. 2.а) се наблюдава едрозърнест лом с наличие на едър неразтворен силиций, който се явява допълнителен концентратор при разрушаване, понижаващ значително механичните свойства на пробата.



**Фиг.2. Ломове на образци след изпитване на опън:**  
 а) преди термична обработка; б) след термична обработка

Макроструктурният анализ на образци след полиране показва наличието на мезопори по повърхността на всички образци (фиг. 3). Големината и разпределението порите в отделните зони е идентична, т.е. не се наблюдава увеличаване обема на порите след термична обработка.

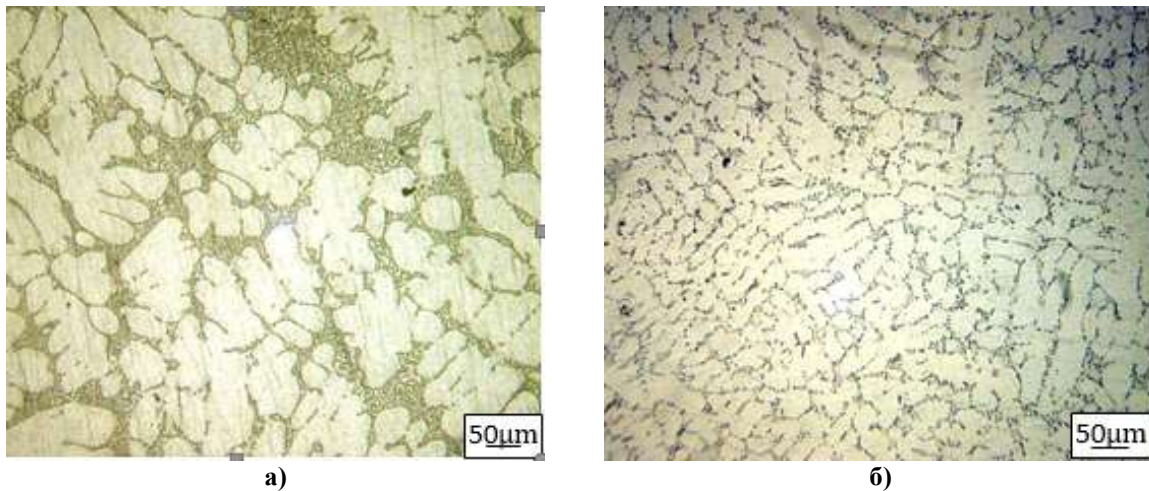


**Фиг. 3. Макроструктури на полирани образци:**  
 а) преди термична обработка; б) след термична обработка

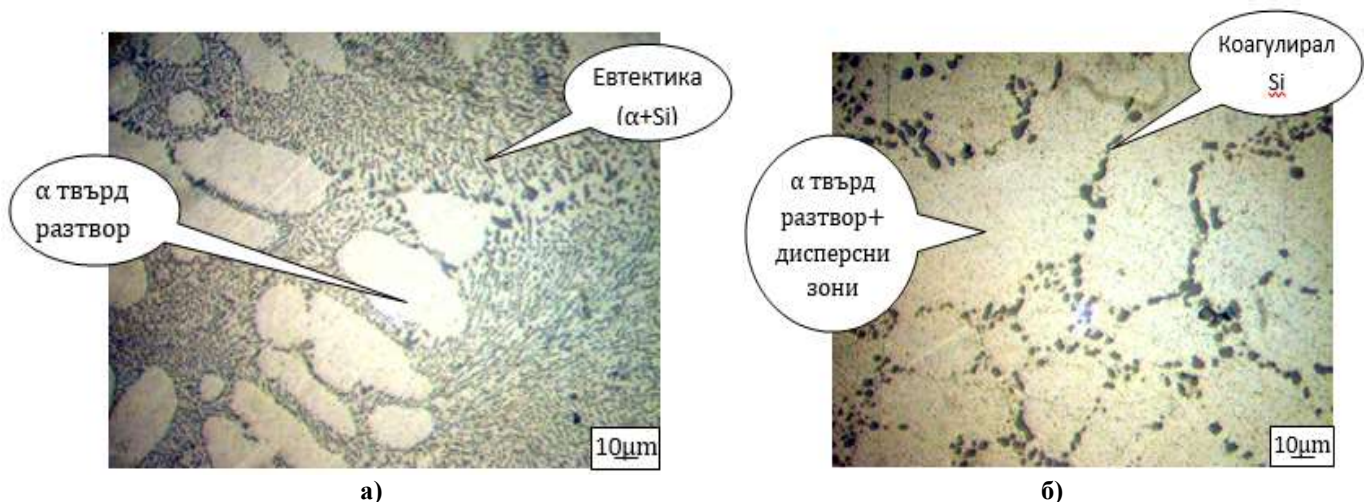
### 2.2.2 Резултати от проведения микроструктурен анализ

От направения микроструктурен анализ при пробите преди термична обработка се наблюдава класическа дендритна структура с изразен евтектикум  $E_{\nu}(\alpha+Si)$  около  $\alpha$  твърдия разтвор. Структурата е сравнително равномерна и еднородна в отделните зони (фиг. 4.а), фиг. 5.а). При термообработките (фиг. 4.б) проби част от Si от евтектиката се разтваря в  $\alpha$  твърдия разтвор, т.к. при повторно нагряване на  $\alpha$  преситения разтвор се отделят дисперсни зони които са кохерентно свързани с матрицата. Този класически

механизъм довежда до уякчаване на матрицата. Неразтворения Si е коагулирал и довежда до уедряване на силициевите кристали, но значително е намалял като количество. Евтектиката се разпада и коагулиралите силициеви кристали се подреждат по границите на  $\alpha$  твърдия разтвор (фиг. 5.б).

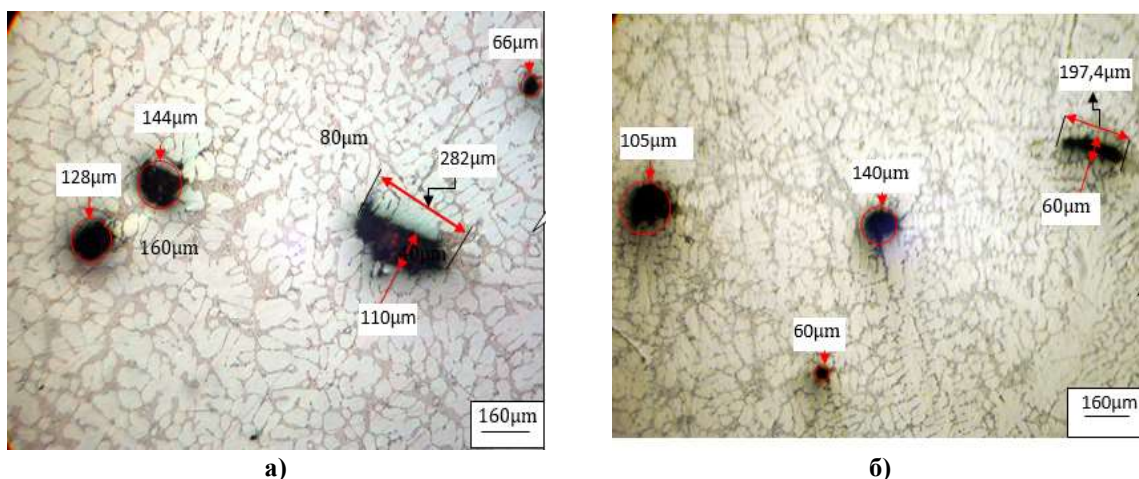


**Фиг. 4.** Микроструктури на изследваните образци (сплав AlSi7Mg) с увеличение x125:  
 а) преди термична обработка;  
 б) след термична обработка



**Фиг. 5.** Микроструктури на изследваните образци (сплав AlSi7Mg) с увеличение x500:  
 а) преди термична обработка;  
 б) след термична обработка

На фиг. 6 са показани микроструктури с разположенията на порите по отношение на дендритните кристали. Измерена е големината на самите дефекти. От фигурата се вижда, че при термично обработените проби отделните пори са с незначително по-малък обем. Този резултат доказва, че термичната обработка „Т6“ на алуминиеви джанти от сплав AlSi7Mg, проведена с цел повишаване на механичните свойства, не води до нарастване обема на дефектите (порите) и съответно се получава единствено подобрене на структурата.



**Фиг. 6. Микроструктури на изследваните образци (сплав AlSi7Mg), показващи разположенията на порите по отношение на дендритните кристали, с увеличение х63:**  
**а) преди термична обработка;**  
**б) след термична обработка**

### 3. Заключение

От проведените структурни изследвания на ляти алуминиеви джанти от сплав AlSi7Mg могат да се направят следните по-важни заключения:

1. След направеният макроструктурен анализ се установи, че при термообработената проба структурата както се очаква е по дребнозърнеста в сравнение с изходната и с транскристално разрушаване, съответно и по-добри механични свойства.
2. Големината и разпределението порите в отделните зони е идентична, т.е. не се наблюдава увеличаване обема на порите след термична обработка.
3. От проведеният микроструктурен анализ се вижда, че при термично обработените проби част от Si от евтектиката Ев( $\alpha$ +Si) се разтваря в  $\alpha$  твърдия разтвор, т.к. при повторно нагряване на  $\alpha$  преситения разтвор се отделят дисперсни зони които са кохерентно свързани с матрицата. Евтектиката се разпада и коагулиралите силициеви кристали се подреждат по границите на  $\alpha$  твърдия разтвор. Този класически механизъм довежда до уякчаване на материала.
4. Избраният режим на термичната обработка „Т6“ на алуминиеви джанти от сплав AlSi7Mg, проведена с цел повишаване на механичните свойства, не води до нарастване обема на дефектите (порите), а се получава единствено подобрене на структурата, съответно и на механичните свойства.

### Литература

1. Ruseva G., Y. Argirov. Research of Mechanical and Corrosion Characteristics of Alloy Wheels from AlSi7Mg. XXV International Scientific and Technical Conference “Foundry”, April 2018, Issue 2, pp 32-33, ISSN 2535-0188.
2. Богданова Т.А., Н.Н. Довженко, Т.Р. Гильманшина, В.Н. Баранов, А.В. Чеглаков, Г.А. Меркулова, С.И. Лыткина, С.А. Худоногов, А.А. Косович, Е.Г. Партыко.

- Современные технологии изготовления дисков автомобильных колес. Современные проблемы науки и образования, № 5, 2014, 226 с.
3. Станев С., Р. Лазарова, Сл. Константинова, В. Манолов. Изследване ефекта от модифициране на сплав AlSi7Mg с нанопраховете чрез термичен и металографски анализи. XXVI межд. научна конф. 65 год. МТФ при ТУ, септ., 2010, Созопол България, с. 277-282, ISBN:978-954-438-854-6.
  4. Zhang B., S.L. Cockcroft, D.M. Maijer, J.D. Zhu. Casting defects in low-pressure die-cast aluminum alloy wheels. Springer, Vol. 57, Issue 11, Nov. 2005, pp. 36-40.
  5. Богданова Т., Довженко Н., Гильманшина Т. Структурообразование литейных алюминиевых сплавов при литье под низким давлением. Сибирский федеральный университет, Красноярск, 2015, с. 162, ISBN: 978-5-7638-3189-4