



## Investigation of the Structure and the Properties of 18XГТ (1.2162) Steel Gear-Wheel Surface Hardened by Vacuum Carburizing

Daniela SPASOVA

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

### Abstract

The carburizing is widespread in practice process for surface hardening of details with different dimensions and function. In this paper is investigated the structure of a 18XГТ (1.2162) steel gear- wheel surface hardened by vacuum carburizing in industrial conditions. Vacuum carburizing technology allows the obtaining of a non-oxide surface and homogeneous distribution of the saturation phase. The structure of the carburizing surface layer as well as in a depth were tested by microstructural analysis and X-ray analysis. Also, the microhardness in a depth of the hardened layer was measured.

**Keywords:** 18XГТ steel, gear- wheel, vacuum carburizing, X-ray analysis, microstructural analysis

## Изследване структурата и свойствата на зъбни колела от стомана 18XГТ повърхностно уякчени чрез вакуумна цементация

Даниела СПАСОВА

### 1. Увод

Зъбните колела са основните съставни части на зъбните механизми като редуктори, моторредуктори и мултипликатори, предавателни кутии, открити зъбни предавки [1, 2]. Термообработката (брой, вид и продължителност) определя до 30% от себестойността на изработените зъбни колела [3]. Поради това е много важно да се анализират разликите в технологиите, използваното оборудване и особеностите на процесите при термообработване на различните марки стомани.

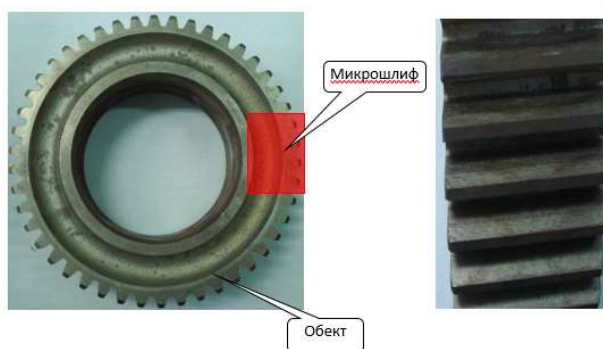
Цементацията е широко разпространен в практиката процес за повърхностно уякчаване на детайли с различни габарити и предназначение. Конвенционалната технология за цементация на детайли изисква висока консумация на енергия, съпроводена е от деформации в детайлите, възникват проблеми с пари при охлаждане в масло, както и опасността от експлозия и пожар, замърсяване на околната среда с емисии на CO<sub>2</sub>. Тези недостатъци могат да бъдат премахнати чрез използване на вакуумна цементация и закаляване с газ под високо налягане [2, 3, 4].

В сравнение с цементацията в атмосферни условия, вакуумната цементация има много предимства. Във вакуумните съоръжения цементацията може да протече при по-висока температура, което намалява времето на процеса, по-специално за по-голяма дълбочина на навъглеродения слой [5, 6]. Поради липсата на кислород качествата на повърхността на детайла са значително по-добри. Разходът на газ е незначителен спрямо конвенционалната технология за цементация [7, 8].

## 2. Изложение

Целта на настоящото изследване е да се уточняване технологичните особености при вакуумна цементация на зъбни колела от стомана 18ХГТ (1.2162), като се изследват структурата и свойствата им.

Обекта на изследване – зъбно колело от стомана 18ХГТ, както и областта от която е изработено пробно тяло за анализиране на структурата и свойствата, са показани на фигура 1.



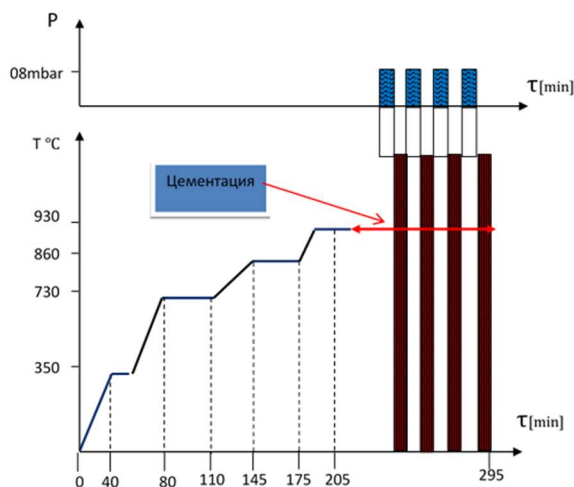
Фиг.1. Обект на изследване- зъбно колело от стомана 18ХГТ

### 2.1 Технологичен режим на вакуумна цементация

Изследваните зъбни колела от стомана 18ХГТ се подлагат на вакуумна цементация в промишлени условия, при следния режим:

- зареждане в студена пещ в един ред на 12 бр. зъбни колела
- насищаща среда  $C_2H_2$  (ацетилен)
- температура на насищане –  $910^{\circ}C$
- време на насищане – 30 min.
- количество натечен газ – 3700ml
- вакуум – 07  $\mu$ bar
- охлаждаща среда – 25 min в масло при  $t = 60^{\circ}C$

След цементацията зъбните колела се подлагат на нискотемпературно отвъръщане при  $t = 180^{\circ}C$  [1, 2, 6]. На фигура 2 е показана циклограмата на технологичния процес на вакуумна цементация.



Фиг.2. Циклограма на вакуумна цементация стомана 18ХГТ

## 2.2. Изследване структурата и свойствата на зъбни колела от стомана 18ХГТ след цементация

От изследваните обекти (зъбни колела), са изработени пробни тела за макро и микроструктурен анализ. Микроструктурният анализ се проведе на металографски микроскоп НЕОРНОТ 2.

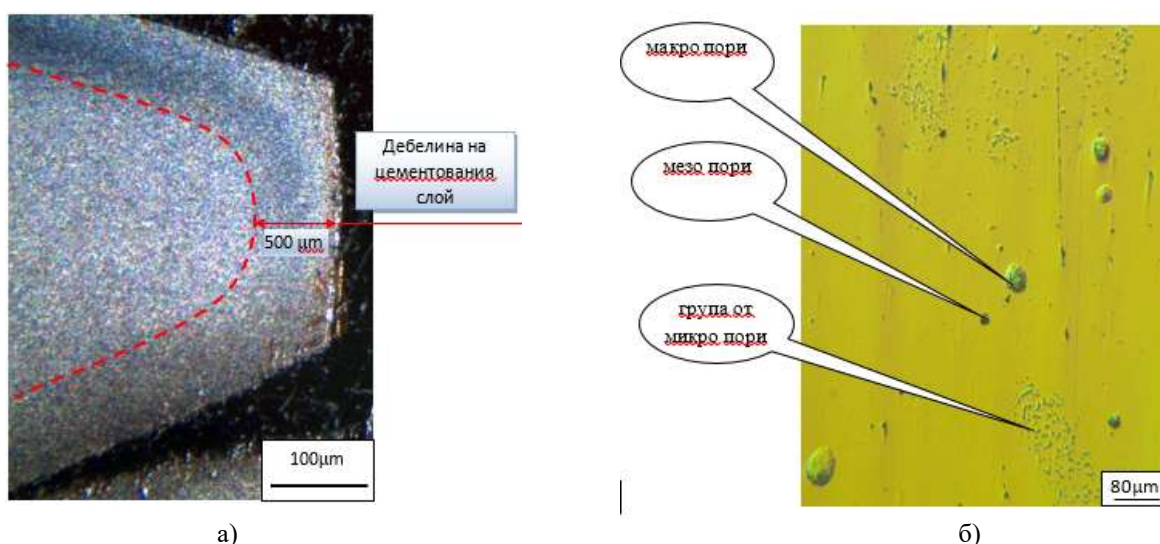
Също така е проведен количествен рентгеноструктурен фазов анализ на пробните образци след вакуумна цементация, чрез рентгенов дифрактометър ДРОН 4 [8]. Измерена е микротвърдостта по Викерс (HV0,05) на пробните тела на повърхността и в дълбочина на обработените слоеве след вакуумната цементация. Измерването на микротвърдостта на образците, се осъществява на металографски микроскоп НЕОРНОТ 2 с помощта на приставка Nanemann 100 [9].

## 3. Резултати и анализи

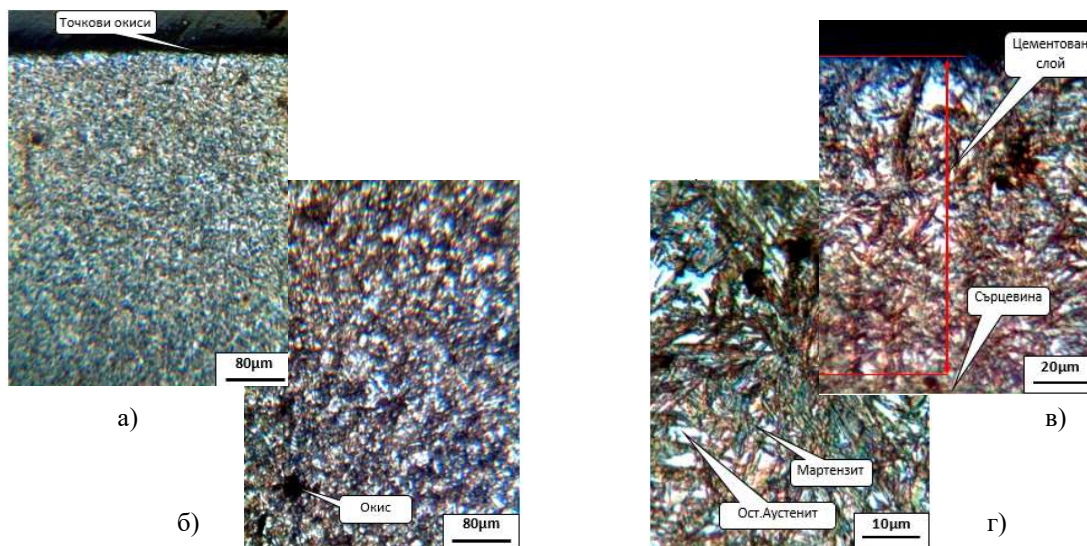
Разглежданата стомана 18ХГТ е цементуем клас стомана, основно се използва за цементация чрез конвекционални методи на термообработка. Наличието на Mn и Ti води до издребняване на зърното, като титанът формира титаново-карбидни фази, които се формират по границите на зърната и блокират техния растеж. Предварителната термообработка преди цементация на такъв вид стомани е нормализация [2]. Както вече споменахме, цементацията във вакуум, води до интензивност на процеса (за кратко време на силно развитие на слоя и получаване на чиста неокислена повърхнина).

### 3.1. Резултати и анализи от макро и микроструктурния анализ

На фигура 3 а) е представена снимка от макроструктурен анализ, където може да се види дебелината на цементования (ограден с пунктирна червена линия). На фигурата се вижда развитият цементован слой на разглежданата стомана. От показаната неразядена микроструктура на разглежданата стомана (фиг. 3 б), се наблюдават микро, макро и мезо-неметални включвания.



Фиг.3. а) – макроструктура на зъбно колело след цементация в зоната на зъба х50;  
б) – микроструктура зъбно колело след цементация в зоната на зъба (неразяден шлиф) х125

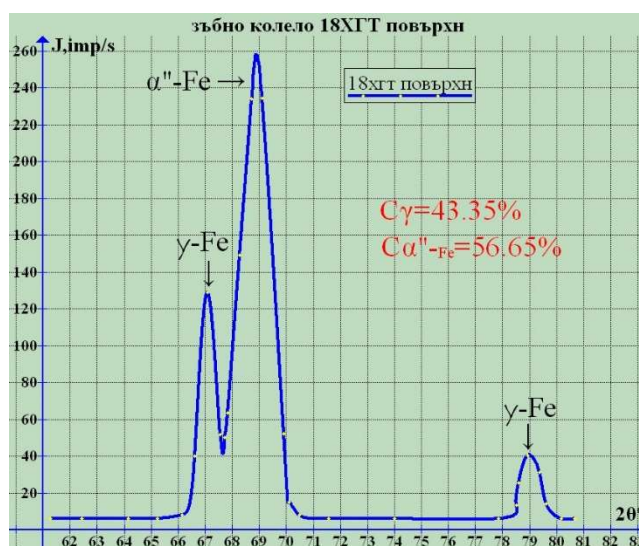


Фиг.4. Микроструктури на цементования слой на зъба а) на повърхността x100; б) в сърцевината x100; в) на цементования слой на върха на зъба x 200 и г) x1000

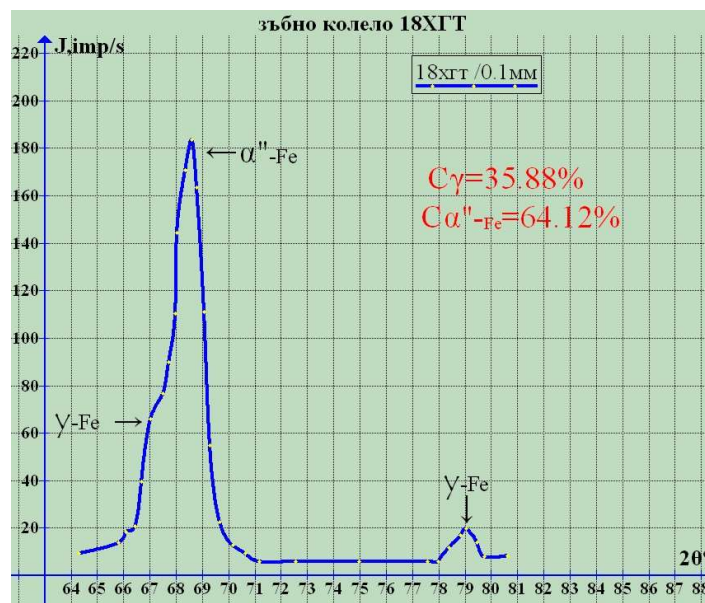
На фигура 4 е представена структурата на повърхнината на цементования слой на зъба и в основния материал, като в повърхностния слой е мартензит и остатъчен аустение (фиг.4. а), а в сърцевината (фиг.4 б) е бейнитна структура. С цел прецизно анализирани, са разгледани локални зони цементования слой с увеличение x500 (фиг.4.г) и x1000 (фиг. 4. в). Наблюдава се добре изразена мартензитна структура с определено количество остатъчен аустенит.

### 3.2. Резултати и анализи от проведения рентгеноструктурен количествен фазов анализ

На фиг.5 и фиг. 6 са показани дифрактограми от проведения количествен фазов анализ на образците подложени на вакумна циментация по описания режим.



Фиг. 5. Рентгенова дифрактограма показваща фазовия състав на повърхността на цементования слой



Фиг.6. Рентгенова дифрактограма показваща фазовия състав на цементования слой на дълбочина 0,1 mm

От разчитането на получените рентгенови дифрактограми (фигурите 5 и 6) може да се уточни, че количеството на остатъчният аустенит на повърхността на цементования слой е 43%, а в дълбочина 0.1 mm от цементования слой се наблюдава значително снижаване на остатъчния аустенит до 35 %.

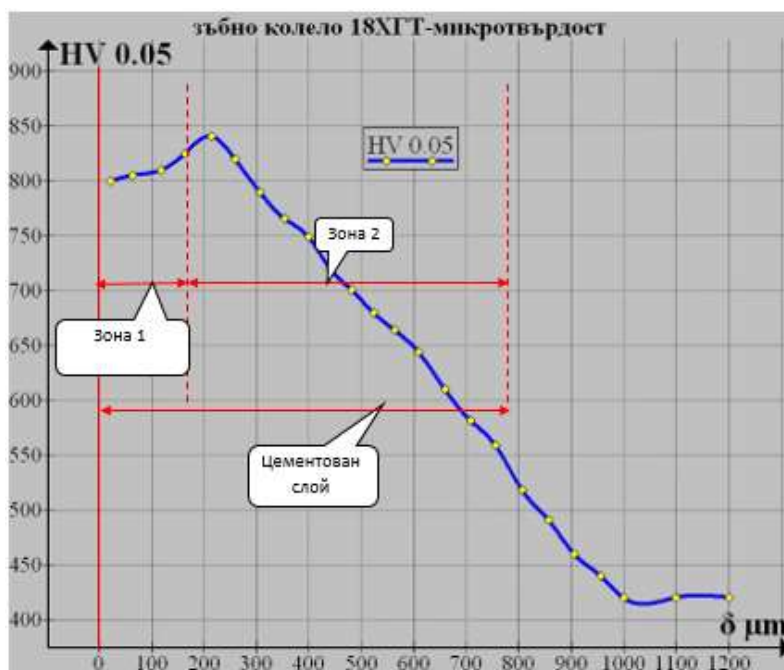
### 3.3. Резултати от измерените макро и микротвърдости на изработените пробни тела

В таблица 1 са дадени измерените единици макротвърдост по Роквел (HRC) на зъбно колело от стомана 18XHM, както на челната повърхност на зъба (цементования слой), така и в основния материал.

Таблица 1. Измерена твърдост по Роквел, на върха на зъба и в основния материал

№ на измерване	1	2	3	4	5	Измерено (средна стойност):
Връх на зъба- HRC	56	59	59	60	59	59
Основен материал- HRC	29	28	31	29	35	30

Измерените микротвърдости, в зоната на цементования слой на зъбно колело от стомана 18XHM, са представени на фигура 7. Наблюдава се снижаване на твърдостта в повърхността, което се обяснява с наличието на остатъчен аустенит в структурата на стоманата. Вероятно въглеродния потенциал и подаването на въглерод в камерата в процеса на насищането е със значително по-завишени параметри от необходимите.



Фиг. 7. Разпределение на микротвърдостта в зоната на изградения цементован слой

#### 4. Заключение

От проведените изследвания може да се направят следните изводи относно технологичния режим на вакуумна цементация:

1. Използвания режим на цементация и разгледаните структури ни дават основание да смятаме, че може да се понижи температурата на цементация с 10 градуса.
2. Използваните междинни времена на нагряване са завишени особено при високите температури, тъй като скоростта на нагряване е изключително малка.
3. Възможно е снижаване на въглеродния потенциал, с цел намаляване количеството на остатъчният аустенит в повърхностния слой, като се понижи броя на впръскванията на ацетилен ( $C_2H_2$ ),
4. Избраният режим на вакуумната цементация позволява получаването на безокислителна повърхност, което се доказва от проведеният макроструктурен анализ, при който не се наблюдава окисляване на повърхността.
5. Процеса на впръскване на вакуум в насищащата среда води до хомогенното му разпределение по повърхността на изделието.
6. На- общо може да се заключи, че избраната методика за вакуумна цементация ускорява технологичния процес, в сравнение с конвенционалните методи за цементация.

#### Литература

1. Аргиров Я., Изследване и уточняване технологичните особености при вакуумна цементация на зъбни колела от стомана 30X1T. ИЗВЕСТИЯ НА СЪЮЗАНА УЧЕНИТЕ – ВАРНА 1'2015, ISSN 1310-5833, с. 8-85
2. Атанасова Й., Тодоров Хр., Рашев Г. „Албум по металознание и термична обработка”, ТУ В. Априлов, Габрово, 1992, с. 14-18

3. Studopedia.ru, [https://studopedia.ru/3\\_72024\\_visokotemperaturnaya-vakuumnaya-zakalka-i-tsementatsiya.html](https://studopedia.ru/3_72024_visokotemperaturnaya-vakuumnaya-zakalka-i-tsementatsiya.html), 10.05.2019
4. Heattreatment.ru, <https://heattreatment.ru/preimushchestva-i-nedostatki-vakuumnoj-cementacii.html>, 10.05.2019
5. Texinfo.inf.ua, [http://texinfo.inf.ua/razdeli/materiali/termoobrabotka\\_6.html](http://texinfo.inf.ua/razdeli/materiali/termoobrabotka_6.html), 10.05.2019
6. Kula P, Pietrasik R, Dybowski K. Vacuum carburizing—process optimization. Journal of Materials Processing Technology. 2005 May 15;164, ц. 876-881
7. Khan RU, Bajohr S, Buchholz D, Reimert R, Minh HD, Norinaga K, Janardhanan VM, Tischer S, Deutschmann O. Pyrolysis of propane under vacuum carburizing conditions: An experimental and modeling study. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2008 Mar 1;81(2), с. 148-156
8. Минчев А., Йотов В., Петрова Д., „Рентгенов флуоресцентен анализ на два печата или щампи ( V – I в. Пр. Хр.) за изработка на накити от тракийски култов център на н. Св. Атанас край Бяла, област Варна”, Съюза на учените, Варна, 2013; ISSN 1310-5833, с. 108-111
9. Рыжов НМ, Фахуртдинов РС, Смирнов АЕ. Циклическая прочность стали 16ХЗНВФБМ-Ш (ВКС-5) после вакуумной цементации. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv. 2010(2), с. 23-8.