ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ДОБАВКИ НА ПРАХ ОТ TiCN С НАНО РАЗМЕРИ ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА МОДИФИЦИРАН СИВ ЧУГУН ТИП GG25

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TiCN NANODIMENSION POWDER ON THE PROPERTIES OF MODIFIED GRAY CAST IRON TYPE GG25

Доц. д-р В. Манолов, доц. д-р Р. Лазарова, доц. д-р М. Манчев, доц. д-р С. Попов, гл. ас. С. Станев, ас. Р. Димитрова
Институт по металознание "Акад. А. Балевски" – БАН,
ул. "Шипченски проход" № 67, 1574, София

Резюме: *The influence of TiCN nanopowder (dimensions of particles are smaller than 100 nm) clad with Y_2O_3 +Cr+Fe and added to the melt of modified gray iron type GG25 on the microstructure is investigated. The quantity of TiCN in the molten metal is 0.015 - 0.040 wt. %. The metallographic investigations show that the gray iron type GG25 modified with TiCN has significantly smaller and homogenous distributed graphite lamellae than the same type gray iron without addition of TiCN. The mechanical characteristics are about 15% higher in the first case.*
The investigation is carried out with the financial support of the ***Fund „Scientific research" of MEYHS (contract TH 01/076)*** *with chef Assoc.Prof. D-r V. Manolov in the Institute of Metal Science "Acad. A. Balevski" - BAS.*

KEYWORDS*: CAST IRON, NANOMODIFIER, MICROSTRUCTURE, MECHANICAL PROPERTIES*

1. Въведение

Чугуните, предназначени за изработване на детайли, трябва да имат добър комплекс от свойства. Това означава, че наред с висока якост трябва да притежават задоволителна пластичност, жилавост и др.

Този комплекс от свойства се постига чрез различни методи: модифициране, легиране с различни химически елементи, очистване от вредни примеси, подходяща термична обработка и т.н. Възможностите на споменатите методи не са неограничени, което означава, че чрез тях съответно свойство може да се подобри до определена степен. Методите за издребняването на кристалитите от микроструктурата са единствените, които неотклонно повишават комплекса от свойства върху, който влияят.

Издребняването на зърната от микроструктурата чрез намиране на нови средства за управление на кристализационните процеси е една все още неизчерпана възможност. Предлага се нов метод за модифициране с помощта на екзогенни модификатори с наноразмери. Това са наночастици на труднотопими съединения, обикновено карбиди, нитриди, карбонитриди (B_4C, SiC, TiCN, TiN, TiC TaN и др.), чиято повърхност се покрива с елементи, способни да хетерогенизират стопилката (Y_2O_3, Cr, Fe и др.). Количеството на тези модификатори е десети от процента, а размерът на наночастиците е 0.01 - 0.05 μm. Наночастиците се получават чрез плазменохимичен метод [1, 2, 3].

Въведените нанопрахове формират самоорганизираща се дисперсна система. Тя предизвиква концентрационно преохлаждане, което съществено изменя процеса на структурообразуване. В резултат на модифицирането се получава микро- и макроструктура, която осигурява високи якостни, пластични и експлоатационни свойства на кристализиралата отливка.

В предлаганата статия са показани някои резултати от лабораторни експерименти, при които е изследвано влиянието на добавки на прах от титанов карбонитрид (TiCN) с размери на частиците под 100 нанометра (nm) и плакиран с итриев окис, хром и желязо (Y_2O_3+Cr+Fe) върху свойствата на модифициран сив чугун тип GG25. Количеството на добавения TiCN в течния метал е от 0.015 до 0.04 тегловни процента. Направените металографски изследвания показват, че сивият чугун тип GG25 с добавка на прах от TiCN има значително по-дребни и равномерно разпределени графитни пластини и с около 15% по-добри механични показатели.

2. Експериментални процедури (методика)

Експерименталните процедури са функция от целта на изследването: ***да се установи как модифицирането с наночастици влияе върху структурата на чугун и съответните стуктурочуствителни свойства (якост, пластичност износоустойчивост и др.)***

Експерименталните процедури включват:

2.1 Избор на чугун за провеждане на експериментите.

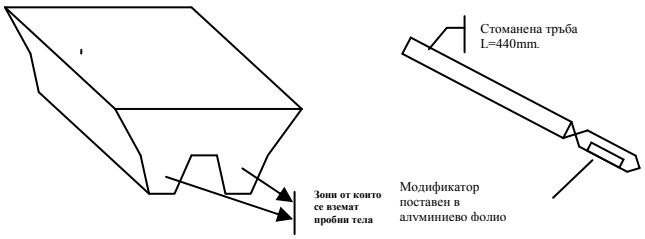
За експериментите е избран модифициран сив чугун тип GG25. Този тип чугун представлява едно от основните производства на леярския завод "Чугунолеене АД" – Ихтиман, който е партньор в изследването. За получаването на модифициран сив чугун тип GG25 завода използва модификатор SL-6Ba с ориентировачен състав: Ca = 2.2-2.7 %, Ba = 2.0-2.5 %, Si = 60-65% в количество 0.3 – 0.5% и едрина 0.4 - 7.0 mm. Чугунът за експериментите е модифициран с 0.4 % модификатор. В така получената стопилка, с помощта на приспособление се внасят нано частици, в които чистият TiCN е в количества: 0.015, 0.025 и 0.04 %.

2.2 Пробни тела за отливане на опитни образци и контейнер за въвеждане на модификатора в стопилката.

Стопилките се получават в индукционна пещ Leibold Heraus с капацитет 2.0-10.0 kg. (*Фиг.1*). Разработен е тип отливка с тегло 2.0 kg. От нея се получават пробни тела за микроструктурен анализ, механични и др. изпитвания. Прах от нано частици с определено тегло се пакетира в алуминиево фолио. Въвежда се в метала на дъното на тигела с приспособление изработено от стоманена тръба (*Фиг.2*).



Фиг.1 Лабораторна индукционна пещ Leibold Heraus, с капацитет 2.0-10.0 kg.



Фиг. 2 Конфигурация на отливка с тегло 2.0 kg от, която се получават пробни тела (ляво). Схема на приспособление за модифициране (дясно).

2.3 Избор на критерии за определяне влиянието на модификаторите върху качеството на стоманата.

Очакването е, че модификаторите ще влияят на структурата на модифицирания чугун и съответно на стуктурочувствителните му свойства. По тази причина тези критерии включват: едрина на зърната и графитните ламели (определена чрез количествен металографски анализ), якостни свойства и др. За определяне на механичните свойства са използвани стандартни пробни тела - къс цилиндричен образец с диаметър 12 mm.

2.4 Изследване на микроструктурата на чугуна**.**

Микрошлифовете са подготвени по стандартна процедура. Микроструктурата е проявена с 0.4% разтвор на азотна киселина в етилов алкохол. Металографският анализ е проведен с помощта на металографски микроскопи Reichert MeF2 и PolyvarMet. Микротвърдостта е измерена посредством микротвърдомер MicroDuromat 4000 с товар 50g за време 10s.

2.5 Електронна микроскопия на модификатора TiCN

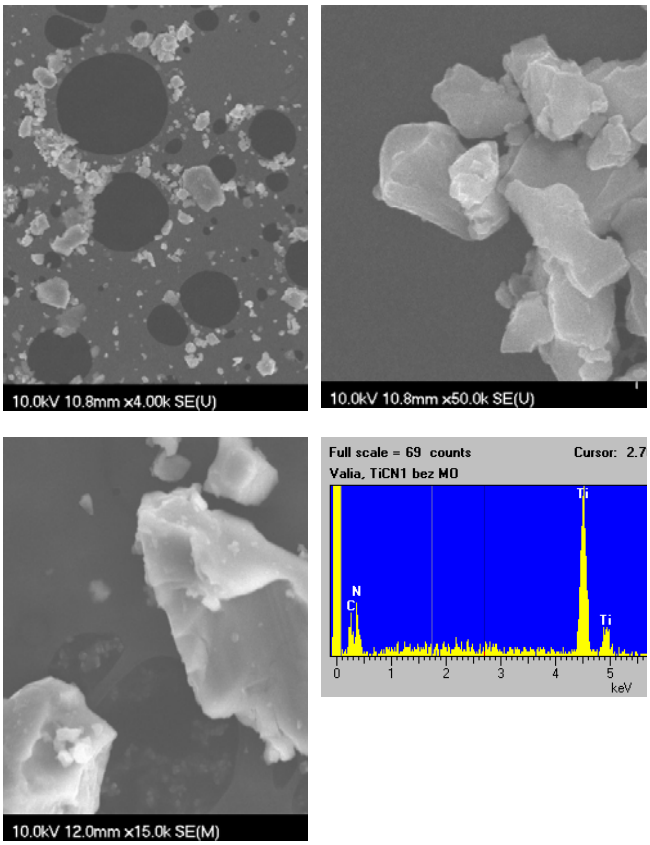
За наблюдение на наномодификатора е използван сканиращ електронен микроскоп (SEM) с висока разделителна способност (2.5 nm при 1kV и 1.5 nm при 15 kV) Hitachi S-4700. Проведен е локален химически и фазов анализ посредством система за рентгенов микроанализ Oxford Instruments EDS X-ray (EDS).

Прахът е изследван след разтваряне в етилов алкохол и разпръскване в ултразвук. Капка от така получения разтвор е фиксирана и изсушена върху подложка от графитна мрежа или силиконова плочка, която може да бъде изследвана във вакуум.

3. Експериментални резултати.

3.1 Изследване на нано модификатор TiCN.

Прахът от TiCN е приготвен чрез плазмено химичен синтез и изследван чрез SEM. На *фиг. 3* са представени снимки на модификатор TiCN. Размерите са обозначени на снимките. Установено е, че модификаторът е съставен от частици с размери от около 100 nm до няколко μm. EDS спектрите, взети от отделно разположени частици, показват наличие на титан, азот и въглерод.



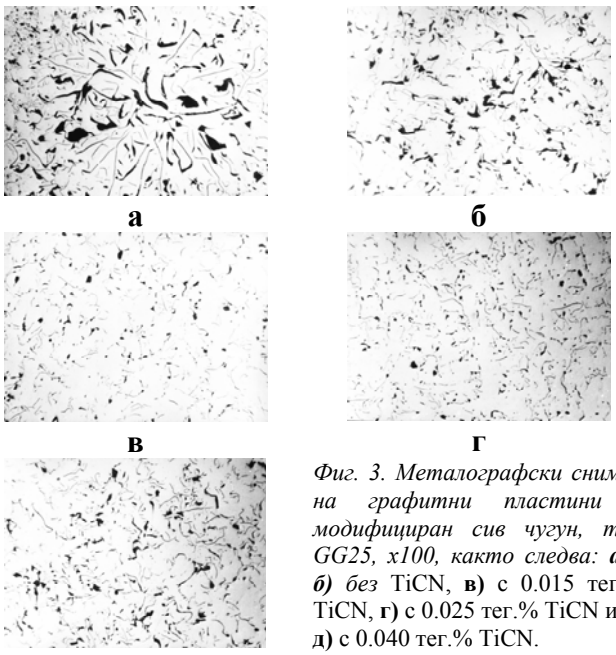
Фиг.3. Снимки (SEM) на прах от TiCN, получен чрез плазмено химичен синтез (ляво) и съответен EDS спектър (дясно).

3.1 Изследване на влиянието на нано частици от TiCN върху свойствата на модифциран сив чугун.

Отляти са осем стопилки от чугун, от които две без нано частици, а в останалите количеството му се изменя от 0.015 до 0.040% тег.% чист TiCN (Табл.1).

Металографските изследвания показват неоспоримо, че образците от стопилките с 0.015% и 0.025 тег.% TiCN имат по-фини и равномерно разпределени графитни пластини (Фиг. 4. в и г) в сравнение с тези без TiCN (Фиг. 4. а и б).

В таблица 2 са показани резултати от изпитанията за определяне на механичните свойства на изследваните чугуни. Обработените, след усредняване данни показват, че чугуна с 0.015 тег.% TiCN има условна граница на провлачане ($R_{0,2}$) и якост на опън (R_m), превишаващи съответно 16% и 15% тези на чугуна без TiCN. При чугуна с 0.025 тег.% TiCN това превишение е съответно 18% и 16%.



*Фиг. 3. Металографски снимки на графитни пластини в модифициран сив чугун, тип GG25, x100, както следва: **а** и **б)** без* TiCN, **в)** с 0.015 тег.% TiCN, **г)** с 0.025 тег.% TiCN и **д)** с 0.040 тег.% TiCN.

Таблица1 Данни за обработването на модифициран сив чугун с нано частици от TiCN в лабораторна индукционна пещ в т.ч.: химически състав (P ≤ 0.1% и S ≤ 0.8%), количество и тип на наночастиците.

№	Означение на стопилката	Химически състав, тегл.%			Количество чист TiCN, wt.%	Тегло и състояние на отливката, kg	Тип на TiCN
		C	Si	Mn			
1	620	3.30 3.08	2.22	0.59	Без TiCN	2.0	-
2	621	3.52 3.14	1.97	0.59	0.015% TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
3	622	3.32 3.10	2.01	0.67	0.025% TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
4	623	3.49 3.30	2.02	0.56	0.04% TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
5	624	3.33 3.32	1.99	0.55	Без TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
6	625	3.26 3.18	2.18	0.51	0.015% TiCN и 0.4% SL-6Ba	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
7	626	3.43 3.20	2.14	0.54	0.015% TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe
8	627	3.55 3.26	1.90	0.53	0.025% TiCN	2.0	TiCN+ Y_2O_3+Cr+Fe

Таблица 2 Резултати от изпитанията за определяне на механичните свойства на изследваните чугуни

№	Означение №	Количество и тип нананомодификатора тегл. [%]	Химически състав, wt%	Механични свойства		
			C	$R_{0,2}$, MPa	R_m MPa	A_5 %
1	620 624	Без наномоди-фикатор	3.08	233.5	257.6	0.5
2	621	0.015%TiCN	3.14	269.3	302.0	0.5
3	622	0.025%TiCN	3.10	281.9	293.6	0.4
4	623	0.04%TiCN	3.30	235.2	242.1	0.3
5	625	0.015%TiCN	3.18	274.5	303.0	0.6
6	626	0.015%TiCN	3.20	268.0	288.0	0.5
7	627	0.025%TiCN	3.26	275.0	303.0	0.5

4. Заключение:

1. Металографските изследвания показват неоспоримо, че образците от стопилките с 0.015% и 0.025 тегл.% TiCN имат по фини и равномерно разпределени графитни пластини в сравнение с тези без TiCN. Увеличаването на TiCN до 0.040 тегл.% не издребнява допълнително графитните пластини.

2. Данните за якостните показатели показват, че чугуна с 0.015 тегл.% TiCN има условна граница на провлачане ($R_{0,2}$) и якост на опън (R_m), превишаващи с около 15% тези на чугуна без TiCN. При чугуна с 0.025 тегл.% TiCN това превишение е приблизително същото. По-нататъшното увеличаване на TiCN не подобрява якостните показатели.

Литература

1. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов/ Сабуров В. П., Черепанов А. Н., Жуков М. Ф. и др. Новосибирск, Наука, 1995, 344 с.

4. Упрочнение металлических полимерных и эластомерных материалов ультрадисперсными порошками/ Жуков М. Ф., Черский И. Н., Черепанов А. Н. и др. Новосибирск: Наука, 1999, 307 с.

5. Модифицирование сталей и сплавов дисперсными инокуляторами/ Сабуров В. П., Еремин Е. Н., Черепанов А. Н., Миннеханов Г. Н. Омск.: Изд-во ОмГТУ, 2002, 212с.

Изследването е проведено със съдействието на **„Фонд научни изследвания”- МОМН** чрез финансиране по договор **ТН 01/076** с р-л доц. д-р *В. Манолов* и базова организация Институт по металознание “Акад. А. Балевски” - БАН.