



**РАЗМЕРНИ ПРОМЕНИ ПРИ СИНТЕРОВАНЕ НА ЖЕЛЯЗО-ВЪГЛЕРОДНИ
КОНСТРУКЦИОННИ ПРАХОВОМЕТАЛУРГИЧНИ МАТЕРИАЛИ ЛЕГИРАНИ С МЕД**

**DIMENSIONAL CHANGES DURING SINTERING OF IRON-CARBON POWDERS
STRUCTURAL MATERIALS ALLOYING WITH COPPER**

Русчо П. Маймарев¹

Иван Н. Митев²

¹кат. "Машиностроителна техника и технологии" ТУ – Габрово

²кат. "Мениджмънт" ТУ – Габрово

Статията е постъпила на 7 октомври 2013 г.; приета за отпечатване на 21 октомври 2013 г.

Abstract

This paper presents the dimensional changes during sintering of Fe-C powders structural materials alloying with 2,5%Cu. Three types of iron powders have been studied – NC 100.24; SC100.26 and ASC 100.29. Carbon concentration in the test pieces is $0,2 \pm 0,8\%$, and their density is $6,2 \div 7,0 \text{ g/cm}^3$. Graphical relationships of the dimensional changes depending on the carbon concentration in the test pieces type of iron powder and their density have been presented.

Keywords: dimensional changes; carbon concentration; permeability; iron powder; density.

ВЪВЕДЕНИЕ

Праховометалургичната технология позволява да се получават актуални конструкционни материали, от които да се изработват детайли, чиито химичен състав и механични свойства не могат да се постигнат по конвенционалните методи. Такива елементи като мед, фосфор, калай и др., които в конвенционалните стомани се смятат за вредни примеси намират широко приложение в праховата металургия [1,3].

Медта е елемент, който не намира приложение в конвенционалната металургия, но притежава редица особености, които благоприятстват приложението ѝ в праховата металургия. По-важните от тях са [2-4]:

- ✓ може да се получава под формата на прах по различни технологии;
- ✓ получените медни частици могат да бъдат с различна форма;
- ✓ има лесно възстановими окиси;
- ✓ висока пластичност, която облекчава пресоването;
- ✓ по-ниска температура на топене от желязото, което обуславя спичане в присъствие на течна фаза и др.

Наред с посочените предимства медта при добавяне в праховометалургични образци води до съществени промени в линейните им размери [2,3]. В тази връзка целта на настоящото изследване е да се проследи промяната в линейните размери след синтерование на желязо въглеродни праховометалургични конструкционни материали легирани с 2,5% мед.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В процеса на изследване са разработени праховометалургични образци от три типа железни прахове про-

извеждани от фирмата „Höganäs”- Швеция – NC100.24; SC 100.26 и ASC 100.29.

Един от най-широко разпространените в практиката на праховометалургичното производство железни прахове, получени по метода на редукцията, е NC 100.24. Уплътняемостта на тази марка железен прах е много добра, а благодарение на гъбестата структура на частиците формуемостта им е твърде висока. Суровата (след пресоване) и крайна (след синтерование) якост на детайли от тези прахове са много високи, а концентрацията на водород в тях е ниска.

Най-добра уплътняемост от всички гъбести железни прахове, произвеждани от фирма „Höganäs” по редукционния метод, има железния прах тип SC 100.26. Това го прави особено подходящ при изработване на детайли с еднократно пресоване, към които има предявени изисквания за по-висока плътност. Аналогично на праховете от предходния тип и тези имат висока сурова якост, но малко по-висока плътност от тях. Намират приложение при изработване на детайли, които в последиствие ще се подлагат на химико-термично обработване.

Железният прах ASC 100.29 е представител на групата водно разпрашени прахове. Към настоящият момент това е най-висококачественият железен прах произвеждан от фирма „Höganäs”. Отличава се с много голяма чистота. Има отлична уплътняемост, която е резултат от това, че частиците са с почти сферична форма. Това позволява след еднократно пресоване да се постигне плътност от порядъка $7,2 \div 7,3 \text{ g/cm}^3$. Особено подходящи са тези прахове при изработване на конструкционни изделия с висока плътност, а така също и за изделия с определени магнитни характеристики.

Към посочените железни прахове са добавени $0,2 \div 1,0\%$ стандартни графитни прахове марка UF – 4, при които въглеродната концентрация е в границите

² Тел.: 066827426; e-mail: imitev@tugab.bg

96÷97% и 2,5% електролитна мед с едрина на частиците 63µm.

След смесване на праховете с 0,8% мазилно вещество компонентите се претеглят на електронна везна с точност до 0,001g, като масата на образците се определя в зависимост от усилието на пресоване и желаната плътност. Притеглените прахове се поставят в матрицата за пресоване, чиито размери са с 0,03÷0,07% по-големи от размерите на пробните тела - $\varnothing 25$, $h=20$ mm. Пресоването е осъществено двустранно на бързодействаща преса с усилие 200÷800MPa. Това позволява получаване на образци с плътност в интервала 6,2÷7,0g/cm³.

Пробите са спечени в лабораторна хоризонтална муфелна пещ с керамична тръба „Carbolite” в атмосфера от дисоцииран амониак – NH₃. Количественото съотношение на азот и водород в работното пространство на тигела е 75%H₂ и 25%N₂. Синтероването е проведено при температура 1150°C, в продължение на 1 час, с контролиране скоростта на входящия газ и неговата точка на оросяване.

За предотвратяване окисляването на образците в процеса на синтероване са използвани закрити ладии и засипка (75%Al₂O₃+15%FeMn+10%C). Засипката способства да се ограничи до минимум загубата на маса на образците, следствие окисляването на железните прахове при високите температури на синтероване.

Нагриването на образците протича в два етапа:

▪ **Първи етап** - Пробите са нагривани до 800°C и се задържат при тази температура с цел отделяне на пластификатора.

▪ **Втори етап** - Нагриването продължава при скорост 10°C/min до температура на изотермично спичане - 1150°C.

Размерните промени на изследваните образци – Δl , е определена в проценти като съотношение на размерите след пресоване и след синтероване.

Експерименталните резултати за трите изследвани марки железни прахове при различна концентрация на

въглерод в тях и плътност в границите 6,2÷7,0g/cm³ са представени в табл. 1, а графичната им интерпретация - на фиг. 1÷3 съответно при желязна матрица от прахове NC100.24, SC 100.26 и ASC 100.29.

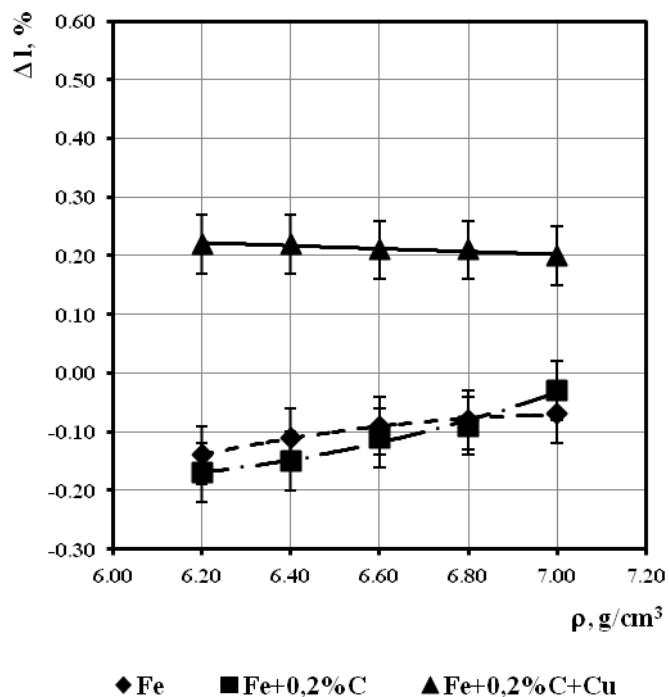
От таблицата се вижда, че при образците от чисто желязо след синтероване изменението в линейните размери е с отрицателен знак. Следователно се наблюдава свиване на заготовките, което е от порядъка -0,14÷-0,20% при образци с плътност 6,20g/cm³. С нарастване плътността на образците до 7,00 g/cm³, намалява вътрешната пористост на заготовките, а от там и възможността при коалисценцията на праховите частици заготовките да търпят голяма промяна в своите размери. За това при образците с голяма плътност промяната в размерите намалява почти два пъти и е в границите -0,07÷-0,09%.

Добавянето на въглерод към матрицата води до намаляване свиваемостта на заготовките, но въпреки това при въглеродна концентрация от 0,2% се запазва тенденцията промяната на размерите да е в отрицателната част. При образци, съдържащи 0,4%C и с плътност 6,80g/cm³, изработени от железен прах NC100.24, на практика не се наблюдават промени в линейните размери на заготовките. Същото се констатира и за образци от железен прах SC 100.26 с плътност 6,40÷6,60 g/cm³. За образци, изработени на база железния прах ASC 100.29, линейни изменения не се наблюдават при плътност 7,00 g/cm³ и 0,6%C, а за образци с 0,8%C размерите на заготовките не се променят при плътност 6,80 g/cm³. Следователно може да се направи извод, че при малки въглеродни концентрации - 0,2÷0,6%C, праховите Fe-C заготовки намаляват своя размер подобно на тези, изработени от чисто желязо. При увеличаване концентрацията на въглерод над 0,6%, обаче се констатира промяна в линейните размери на заготовките в положителна посока – към тяхното нарастване. Концентрационният интервал, в който праховометалургичните конструкционни детайли от системата Fe-C няма да търпят линейни промени или те ще бъдат незначителни, е 0,4÷0,6%.

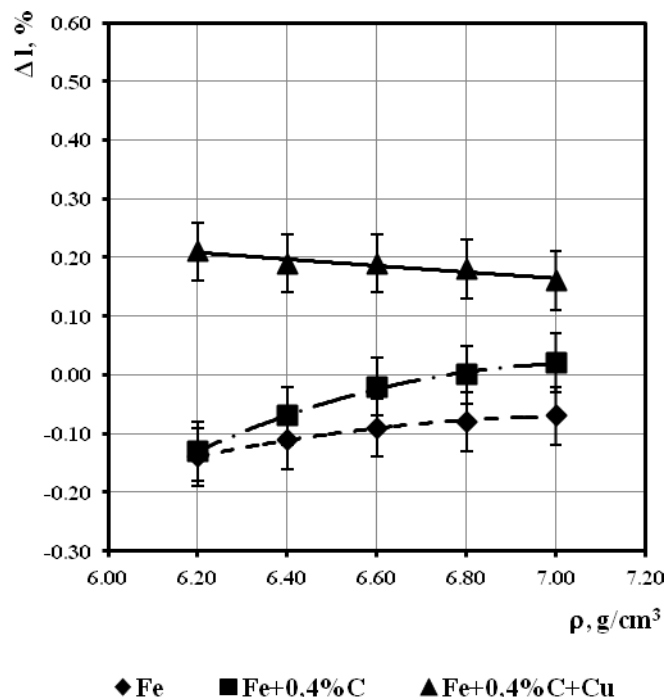
Експериментални резултати за Δl

Таблица 1

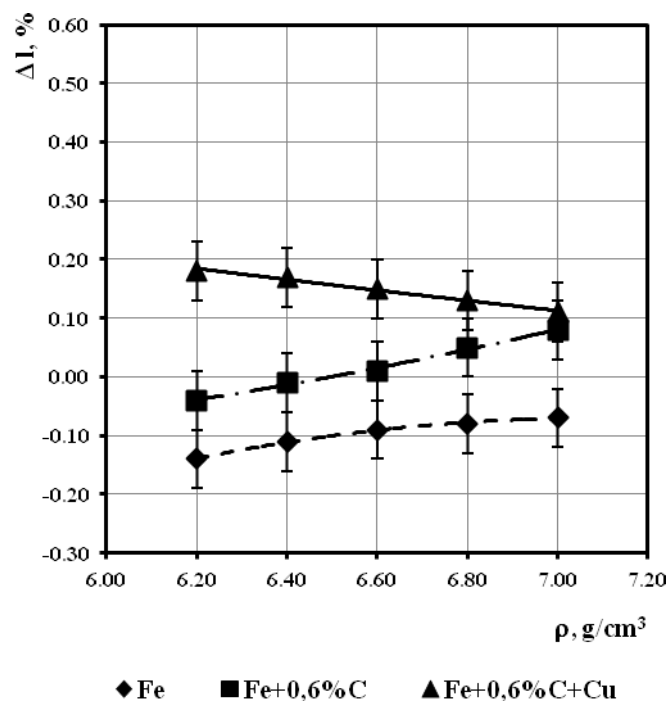
№ на съст.	Вид Fe прах	ρ , g/cm ³	Промяна на размерите – Δl , %								
			Fe	Fe + C				Fe + C + 2,5%Cu			
				C, %				C, %			
				0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	NC 100.24	6,2	-0,14	-0,17	-0,13	-0,04	-0,01	+0,22	+0,21	+0,18	+0,16
2		6,4	-0,11	-0,15	-0,07	-0,01	+0,02	+0,22	+0,19	+0,17	+1,13
3		6,6	-0,09	-0,11	-0,02	+0,01	+0,05	+0,21	+0,19	+0,15	+1,11
4		6,8	-0,08	-0,09	0,00	+0,05	+0,07	+0,21	+0,18	+0,13	+0,09
5		7,0	-0,07	-0,03	+0,02	+0,08	+0,09	+0,20	+0,16	+0,11	+0,08
6	SC 100.26	6,2	-0,14	-0,11	+0,01	+0,05	+0,08	+0,27	+0,25	+0,24	+0,19
7		6,4	-0,12	-0,10	0,00	+0,04	+0,08	+0,26	+0,24	+0,23	+0,18
8		6,6	-0,09	-0,09	0,00	+0,04	+0,07	+0,26	+0,23	+0,22	+0,18
9		6,8	-0,07	-0,07	-0,01	+0,03	+0,06	+0,25	+0,22	+0,21	+0,17
10		7,0	-0,06	-0,05	-0,01	+0,03	+0,06	+0,25	+0,21	+0,19	+0,17
11	ASC 100.29	6,2	-0,21	-0,17	-0,15	-0,7	-0,02	+0,50	+0,46	+0,37	+0,30
12		6,4	-0,18	-0,16	-0,13	-0,05	-0,01	+0,49	+0,44	+0,35	+0,29
13		6,6	-0,16	-0,14	-0,10	-0,05	-0,01	+0,47	+0,39	+0,32	+0,27
14		6,8	-0,13	-0,10	-0,07	-0,03	0,00	+0,45	+0,35	+0,30	+0,24
15		7,0	-0,09	-0,08	-0,05	0,00	+0,01	+0,42	+0,31	+0,29	+0,22



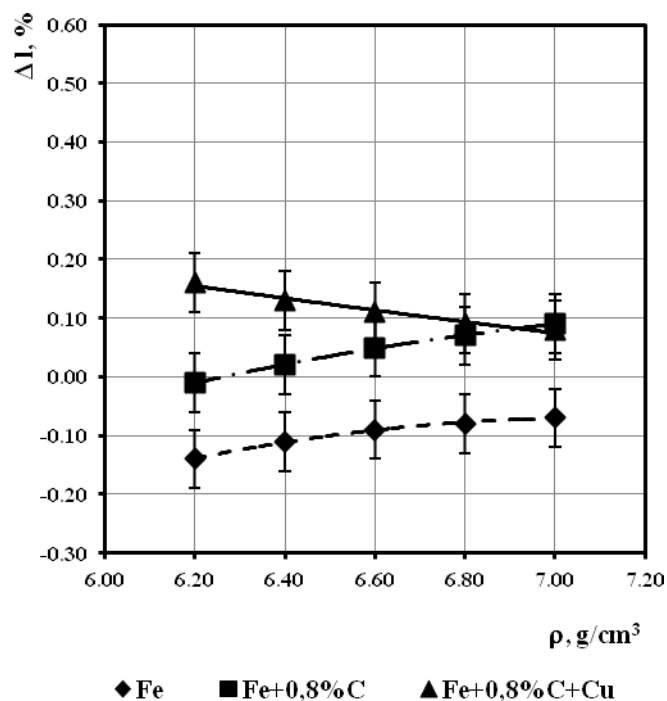
a.



б.

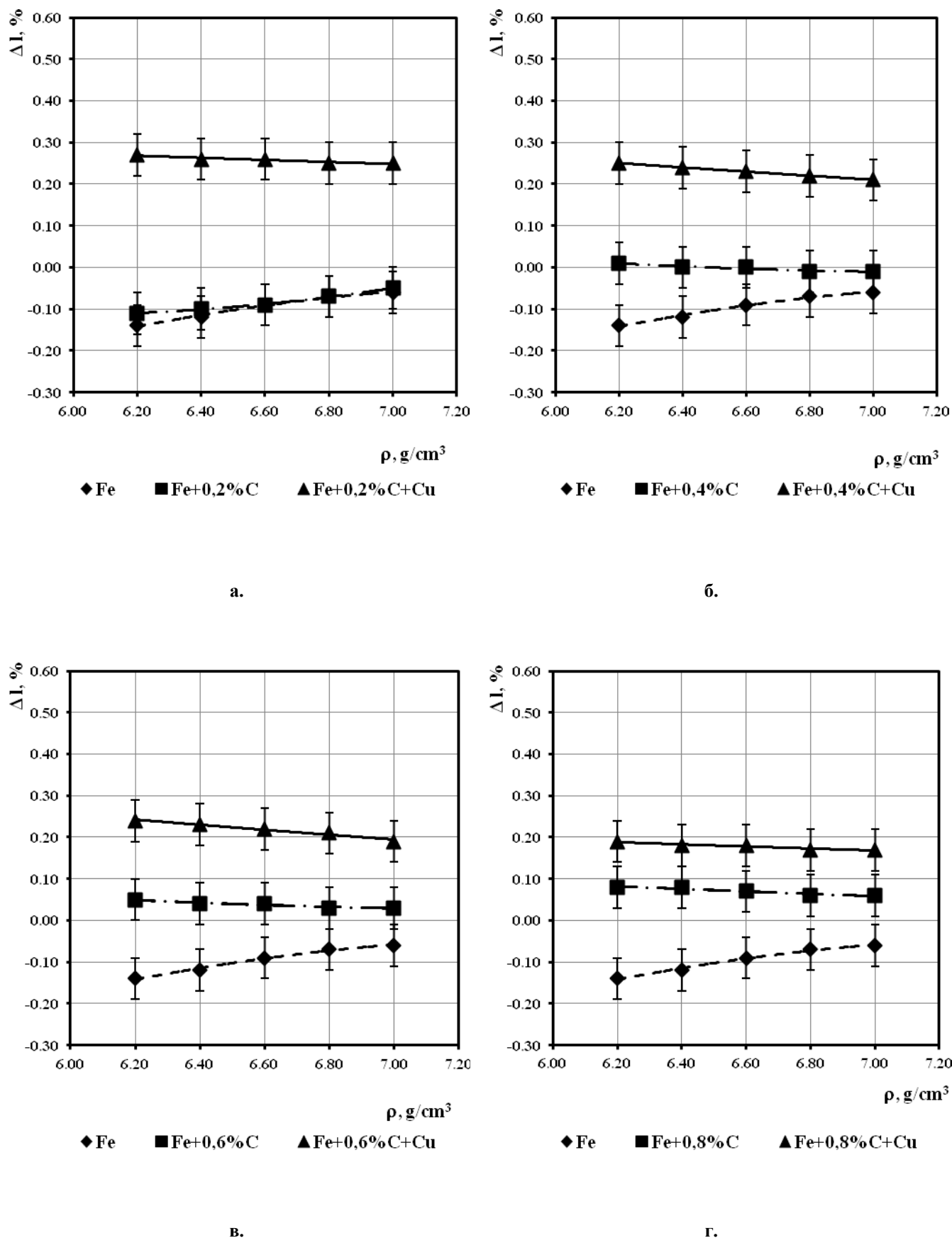


в.

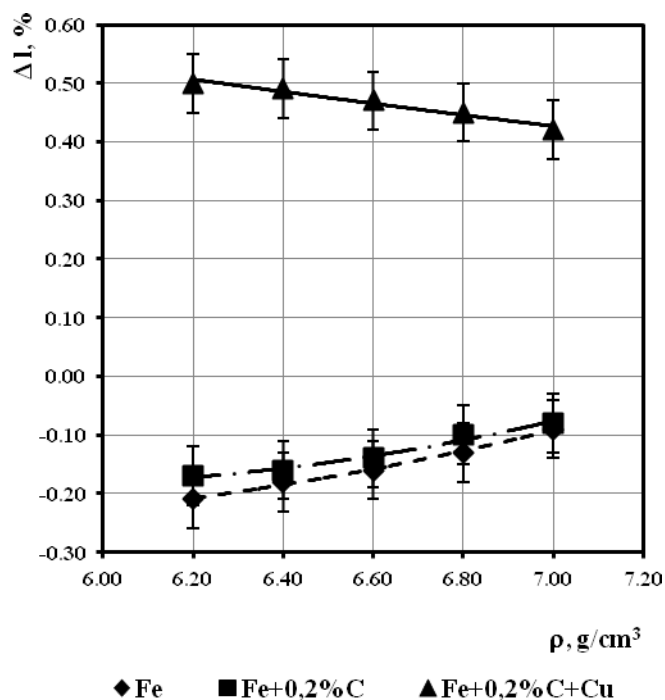


г.

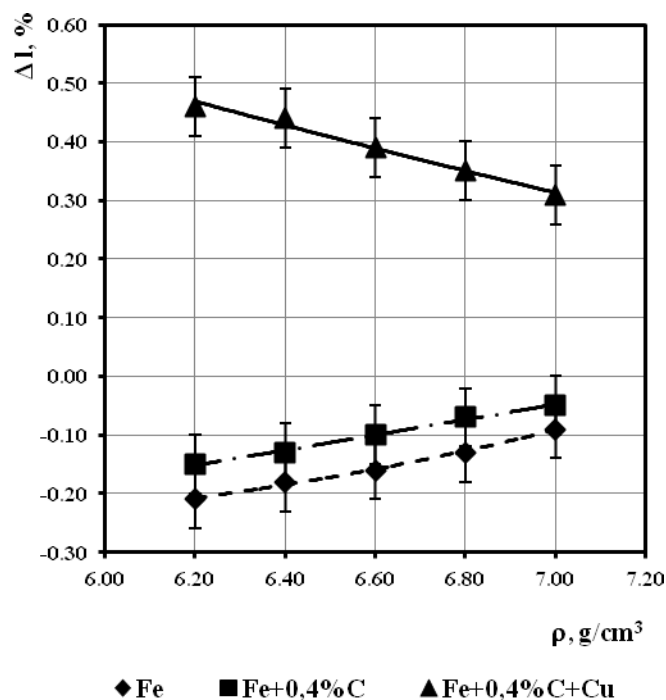
Фиг.1. Разпределение стойностите за линейните изменения в зависимост от плътността и въглеродната концентрация на образци от желязен прах NC 100.24



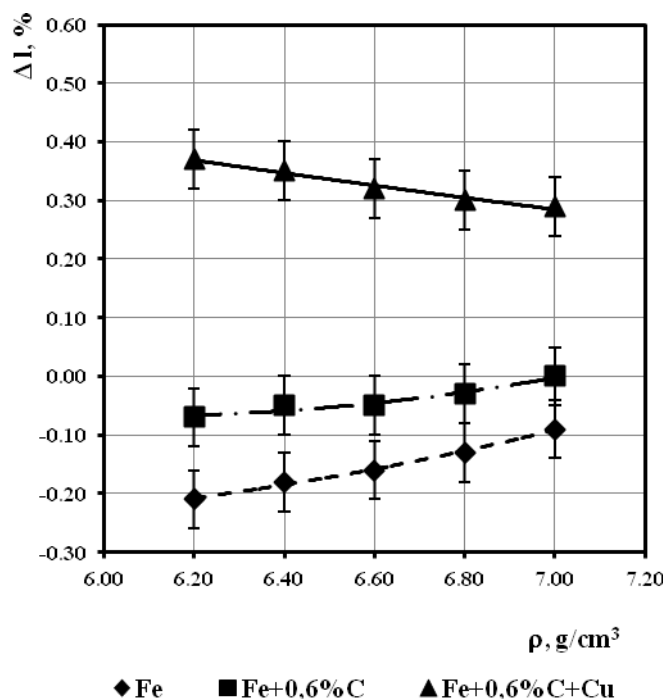
Фиг.2. .Разпределение стойностите за линейните изменения в зависимост от плътността и въглеродната концентрация на образци от железен прах SC 100.26



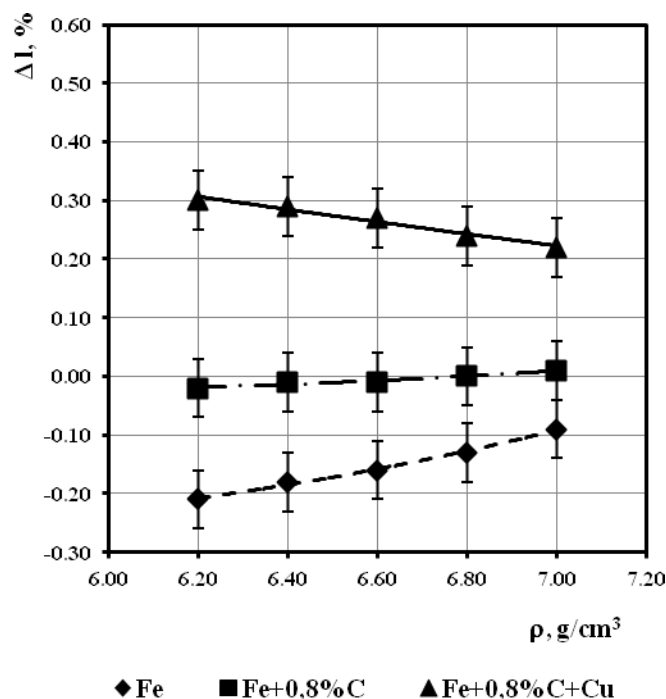
а.



б.



в.



г.

Фиг.3..Разпределение стойностите за линейните изменения в зависимост от плътността и въглеродната концентрация на образци от железен прах ASC 100.29

Медта е елемент, който води до нарастване размера на праховите заготовки. Разтопената в процеса на синтероване мед прониква по границите на железните зърна. Този меден филм заменя твърдите граници между зърната, в резултат на което настъпва разширение на образците. Освен това проникването на течната фаза в поликристалната система води до нейното разрушаване и разделянето ѝ на отделни зърна. Това може да доведе до разширение на заготовките в случаите, когато разкъсаните частици са с неправилна форма и не могат да се уплътнят в затваряния ги обем. Медта в процеса на синтероване се разтваря в железните частици, формирайки в матрицата ϵ -фаза (твърд разтвор на желязото в медта), която от своя страна размества железните частици и предизвиква нарастване в размерите на заготовките. Именно по тези причини в образците с минимално количество въглерод – 0,2%, се наблюдава съществено нарастване на размерите на заготовките, което не се влияе от плътността им. За образци от железен прах NC100.24 това нарастване е в границите $+0,20 \div +0,22\%$, а при тези от прах SC 100.26 е $+0,25 \div +0,27\%$. Най-голямо нарастване се фиксира при образци от железен прах ASC 100.29 - $+0,40 \div +0,50\%$.

С нарастване концентрацията на въглерод от 0,2 до 0,8% се забелязва намаляване нарастването в размерите на заготовките, като тези от железен прах NC100.24 търпят промяна от $+0,06 \div +0,12\%$. При образци от SC100.26 промяната в нарастването на размерите е в границите $+0,05 \div +0,08\%$, а при образци от ASC 100.29 - $+0,20\%$.

Това компенсиращо влияние на въглеродната концентрация върху „медният ръст“, на праховите заготовки може да се обясни с факта, че въглеродът в желязната матрица пречатства проникването на разтопената мед по повърхността на железните частици и това намалява разтворимостта ѝ в желязото. Освен това въглеродът е елемент, който намалява коефициента на дифузия на медта в желязото и увеличава двустенният ъгъл θ между зърната и интензифицира спичането при наличие на течна фаза. Всички тези фактори водят до ограничаване нарастването на размерите на заготовките, легирани с мед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведените изследвания и получените при това резултати могат да се формулират следните по-важни изводи:

✓ След синтероване на образци от чисто желязо изменението в линейните размери е с отрицателен знак. Следователно се наблюдава свиване на заготовките, което при образци с плътност $6,20 \text{ g/cm}^3$ е от порядъка $-0,14 \div -0,20\%$;

✓ С нарастване плътността на образците от $6,20 \text{ g/cm}^3$ до $7,00 \text{ g/cm}^3$, на-

малява вътрешната пористост на заготовките, а от там и възможността при коалисценцията на праховите частици заготовките да търпят голяма промяна в своите размери.

✓ Добавянето на въглерод към матрицата води до намаляване свиваемостта на заготовките, но въпреки това при въглеродна концентрация от 0,2% се запазва тенденцията промяната на размерите да е в отрицателната част.

✓ В малки концентрации - $0,2 \div 0,6\%$, въглерода води до намаляване размерите на заготовките подобно на тези от чисто желязо. При концентрация на въглерод над 0,6%, обаче се констатира промяна в линейните размери на заготовките в положителна посока – към тяхното нарастване.

✓ Въглеродната концентрация, при която детайлите от системата Fe-C няма да търпят линейни промени или те ще бъдат незначителни е $0,4 \div 0,6\%$.

✓ Медта в процеса на синтероване се разтваря в железните частици формирайки в матрицата ϵ -фаза (твърд разтвор на желязото в медта). Тя размества железните частици и предизвиква нарастване в размерите на заготовките.

✓ Компенсиращото влияние на въглеродната концентрация върху „медният ръст“, на праховите заготовки може да се обясни с факта, че въглерода в желязната матрица пречатства проникването на разтопената мед по повърхността на железните частици и това намалява разтворимостта и в желязото.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Митев, И., Р.Маймарев, Спичане на двукомпонентни прахови конструкционни материали при наличие на течна фаза, Машиностроене и машинознание, (2012) 70÷73.
- [2] Митев, И., И.Винев, Размерни промени при синтероване на прахови материали от системата Cu-Zn, Международна научна конференция „Унитех, 11“, Габрово, 2011, том II, с.232÷235.
- [3] Митев, И., Структура на желязо-въглеродни прахово метатургични материали след твърдофазно спичане и спичане в пресъствието на течна фаза, МК „УНИТЕХ⁰³“, 20÷21 ноември, 2003, Габрово, т.1, с. 534÷537.
- [4] May, I., L. Schetky, Cooper in iron and steel, John Wiley and sons. Toronto, 1988.