

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ДВОЙНОТО КОМПЛЕКСНО ЛЕГИРАНЕ С Fe, Mn, Ni ВЪРХУ СТРУКТУРАТА И ТВЪРДОСТТА НА БРОНЗ ТИП CuAl9

INVESTIGATION OF EFFECT OF DUAL ALLOYED WITH Fe, Mn, Ni ON THE STRUCTURE AND THE HARDNESS OF ALUMINUM BRONZE

доц д-р инж.Петков Р.И., гл.ас.д-р инж.Гаврилова Р.В., маг.инж.Кръстева С.Й.

Химикотехнологичен и металургичен университет - София

e-mail: cast_rum@uctm.edu; r.gavrilova@abv.bg

Abstract: Fine-structure primary grains in copper-aluminum alloys are achieved by adding Fe, Ni or Mn, and hard-fusible elements during the casting process. Modifying effect of these elements provokes changes in the microstructure of the alloys (the shape and massiveness of the metal grains), which to large extent is determined by Fe presence of in the alloys.

In the present work the results from structure and properties investigation on CuAl9, in a cast state, after separate and combine alloyed with Fe, Mn and Ni and modified with Mo are shown. Data for changes in the structure and hardness of the specimens as a result of alloying, as these characteristics are changed in the cases of complex alloying and modifying with molybdenum have been obtained.

Keywords: aluminum bronze, primary structure, effect of alloyed and modification

1. Увод

Известно е, че свойствата на металите и сплавите като якост, пластичност, корозионна устойчивост и др. са свързани със структурата им. Поради това един от основните проблеми в металолееето е управлението на процеса на първична кристализация с оглед получаване на структура със зададени параметри. В частност, тъй като огромната част от отливките са предназначени за изработване на конструкционни елементи, към които по правило изискваната са най-вече към якостните им характеристики, то издребняването на първичната структура, стига да не е съпроводено с прекомерно увеличаване локализацията на примесите по границите на зърната, обикновено се разглежда като положително явление.

2. Същност на проблема и методика на изследване

В това отношение особен интерес представлява поведението на най-често употребявания безкалеен бронз тип CuAl9. Употребата му е твърде широка поради високите експлоатационни характеристики – износоустойчивост, кавитационна устойчивост, корозионна устойчивост. Успоредно с това комплекса технологични (леярски) свойства е балансиран – изключителна тънколивност, но голямо свиване, висока склонност към окисляване и разтваряне на газове (водород).

По отношение на първичната кристализация за двойните сплави Cu-Al при охлаждане в пясъчни леярски форми е характерно получаването на груба и крехка структура, поради процеса на т.н. „самоотгряване”[2,3]. За подтискане на този процес в сплавите се въвеждат желязо, манган и никел поотделно или в комбинация меду тях. Те повишават стабилността на β -фазата, задържат евтектоидното превръщане и запазват α - β' структурата [1].

Върху структурата на сплавите от типа CuAl9 може да се въздейства и чрез допълнително модифициране. Като модификатори в този случай се използват труднопимите метали Ti, V, Zr, W, Mo и B [4].

По принцип тази операция не е популярна и на практика в леярските предприятия рядко се прилага. Но според литературните данни е твърде ефективна – позволява около десеткратно издребняване на структурата [4].

Целта на настоящата работа е да се изследва влиянието на двойното комплексно легиране с желязо, манган и никел, и допълнителното модифициране с молибден върху структурата и твърдостта на бронз CuAl9. Успоредно с това е отчитано и влиянието на скоростта на охлаждане върху посочените параметри.

За целта от сплави CuAl9Fe3Mn3, CuAl9Fe3Ni3, CuAl9Ni3Mn3, както и от същите сплави, модифицирани с 0.10%Mo, в пясъчни форми са отляти пробни тела с диаметри 15, 25 и 35mm. Температурата на лееене е 1150°C. Пробните тела са обработени механично чрез рязане, шлифване и полиране. За проявяване на шлифовете е използван солнокисел разтвор на ферихлорид.

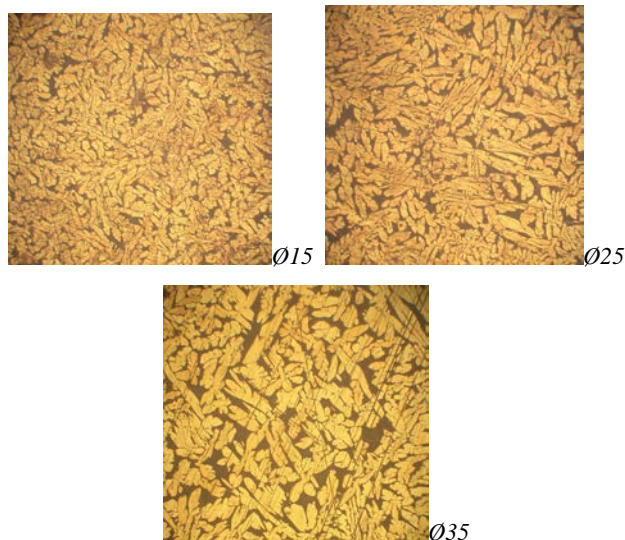
3. Резултати

Анализът на структурите показва, че при базовата сплав CuAl9 с понижаване на скоростта на охлаждане, структурата става все по груба, което най-вероятно се дължи на протичане на т.н. процес на „самоотгряване”, а количеството на евтектоида относително намалява - фиг.1. За сравнение структурите, получени при индивидуалното легиране с Fe, Mn и Ni, и след съответното модифициране с Mo са показани на фиг.2.. Металографският им анализ показва, че:

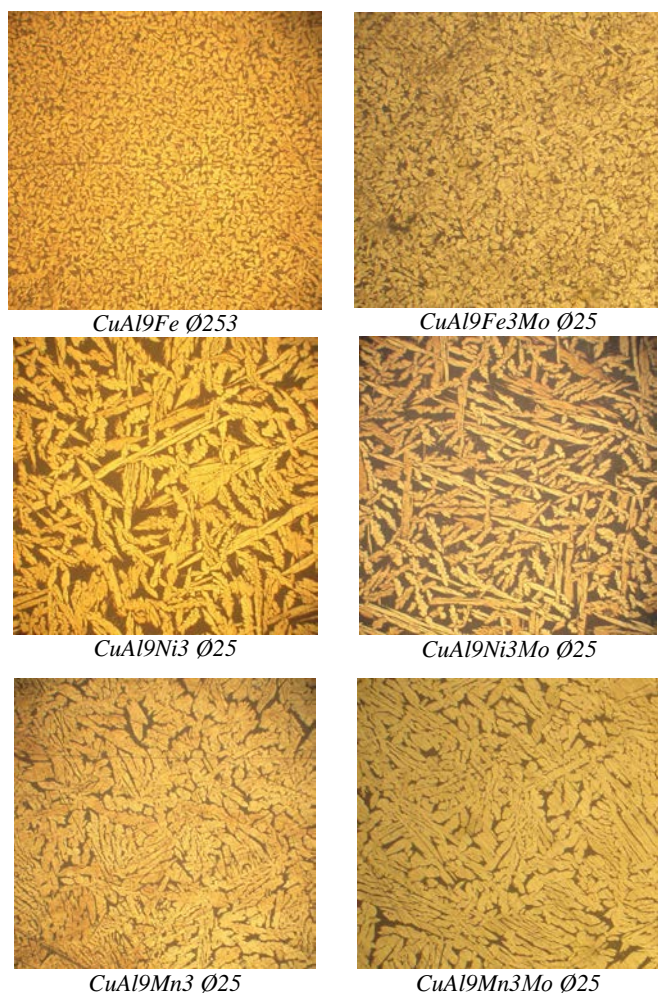
- легирането с желязо на двойната сплав CuAl9 води до съществено издребняване на структурата; модифицирането на бронз CuAl9Fe3 с молибден води до окръгляне на зърната на първичната структура;

- легирането с никел води до изменение на формата на кристалите на евтектоида – те са издължени и с почти иглообразна форма при пробата с най-големия диаметър, т.е. при най-ниската скорост на охлаждане; като цяло след легиране с никел, влиянието на скоростта на охлаждане върху структурата на бронза намалява в сравнение с базовата сплав; при допълнителното модифициране на легираният с никел алуминиев бронз с молибден се запазва иглестият характер на структурата, но води до видимото й издребняване и намаляване на чувствителността й към скоростта на охлаждане.

- при индивидуалното легиране на бронза с манган се запазва стълбчатия характер на структурата, характерна за базовата сплав но е по-окръглена. Модифицирането на сплав CuAl9Mn3 с Mo води до едва забележимо издребняване на структурата на бронза, но не променя стълбчатия й характер.

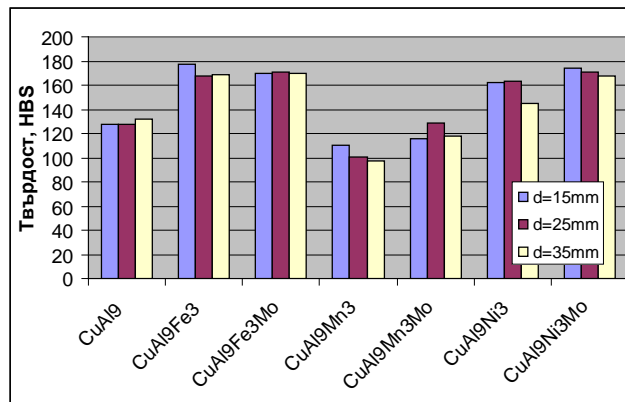


Фиг.1. Микроструктура на сплав $CuAl9$ ($\times 63$)



Фиг.2. Влияние на индивидуалното легиране с Fe, Ni, и Mn и модифицирането с Mo върху структурата на алуминиевият бронз ($\times 63$) (диаметър на пробните тела $\varnothing 25mm$)

Влиянието на индивидуалното легиране с Fe, Mn и Ni, модифицирането с Mo и режима на охлаждане върху твърдостта на алуминиевият бронз е илюстрирано на фиг.3.



Фиг.3 Влияние на индивидуалното легиране с Fe, Mn и Ni, модифицирането с Mo и режима на охлаждане върху твърдостта на алуминиевият бронз

При базовата сплав твърдостта се увеличава с понижаване скоростта на охлаждане, като стойностите ѝ са около 120-125HBS.

Индивидуалното легиране с желязо, предизвикващо формиране на дребнозърнеста структура осигурява твърдост около 170HBS, като с понижаване на скоростта на охлаждане тенденцията е намаляване на твърдостта. След модифициране с молибден се запазва средното ниво на твърдостта, но се премахва влиянието на скоростта на охлаждане.

Индивидуалното легиране с манган води до намаляване на средната твърдост на сплавта средно до около 100HBS, но за разлика от базовата с понижаване скоростта на охлаждане твърдостта намалява. Модифицирането с молибден предизвиква увеличаване на твърдостта до около 120HBS, като влиянието на скоростта на охлаждане не е еднозначно.

Индивидуалното легиране с никел води до увеличаване на средната твърдост на сплавта до около 160HBS. Модифицирането с молибден увеличава твърдостта още с 5 единици – до около 165HBS. И в двата случая – сплави $CuAl9Ni3$ и $CuAl9Ni3Mo$ с понижаване скоростта на охлаждане твърдостта намалява.

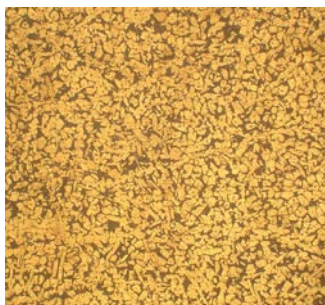
Изследвано е влиянието на комплексното легиране на алуминиевият бронз с изброените елементи в двойни комбинации – Fe-Mn, Fe-Ni и Ni-Mn върху структурата – фиг.4 и твърдостта на сплавта – фиг.5. Сравнителният анализ на въздействието на двойното комплексно легиране показва следното:

1. Комплексното легиране с желязо и манган води до формиране на финодисперсна, относително равноосна структура. Като цяло след комплексно легиране с желязо и манган, влиянието на скоростта на охлаждане върху структурата на бронза намалява в сравнение с базовата сплав. При допълнителното модифициране на легираният с желязо и манган алуминиев бронз с молибден структурата се окръгля, наблюдава се известно издребняване, но се запазва чувствителността ѝ към скоростта на охлаждане. Твърдостта е от порядъка на 150-155HBS. Модифицирането на сплавта с молибден, предизвикващо окръгляне на структурата, води до общо намаляване на твърдостта с няколко единици.

2. Комплексното легиране с желязо и никел също води до силно издребняване на структурата, но кристалите на евтектоида имат нишковидна форма. Като цяло след комплексно легиране с желязо и никел, влиянието на скоростта на охлаждане върху структурата на бронза намалява в сравнение с базовата сплав. Модифицирането на легираният с желязо и никел алуминиев бронз с молибден трансформира структурата в иглообразна, наблюдава се известно издребняване, но се запазва чувствителността ѝ към скоростта на охлаждане. Твърдостта достига 200HBS. Модифицирането на сплавта с молибден, предизвикващо трансформация на структурата от нишковидна

в иглеста, води до допълнително повишаване на твърдостта до стойности от порядъка на 230HBS.

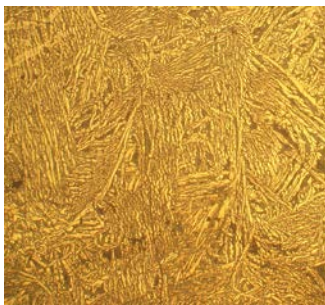
Модифицирането на сплавта с молибден не предизвиква видими промени в структурата, но води до намаляване на твърдостта с около 10 единици.



CuAl9Fe3Mn3 Ø25



CuAl9Fe3Mn3Mo Ø25



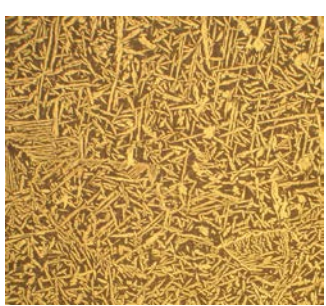
CuAl9Fe3Ni3 Ø25



CuAl9Fe3Ni3Mo Ø25



CuAl9Ni3Mn3 Ø25



CuAl9Ni3Mn3Mo Ø25

Фиг.4. Микроструктура на сплави *CuAl9Fe3Ni3* и *CuAl9Fe3Ni3Mo* (x63)

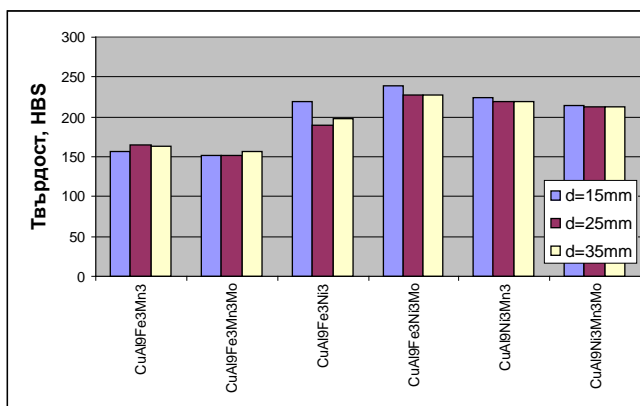
4. По отношение ефекта от модифицирането на сплавите с молибден може да се отбележи следният факт – при комбинациите Fe-Mn и Ni-Mn, т.е. там където присъства манган, след модифициране твърдостта намалява, докато при комбинацията Fe-Ni се увеличава.

4. Заключение

Получените резултати показват недвусмислено, че както въвеждането на желязо, манган и никел, поотделно и в комбинации в двойните алуминиеви бронзове, така и вторичното им модифициране с молибден, или други труднотопими метали води до значително повишаване на механичните и експлоатационни показатели на сплавта.

Литература.

1. Schumann H. Metallographie, VEB DVG Leipzig 1997
2. Милицын К.Н. и др. Плавка и литье цветных металлов и сплавов, Москва, ГНТИЛЧЦМ 1956
3. Жевтунов П.П. Литейные сплавы, Москва, ГНТИЛЧЦМ 1957
4. Курдюмов А.В., М.В.Пикунов, В.М.Чурсин Литейное производство цветных и редких металлов, Москва, Металлургия,1982
5. Колачев Б.А., В.А.Ливанов, В.И.Елагин Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов, Москва, Металлургия 1981.
6. Панченко Е.В. и др. Лаборатория металографии, Металлургиздат, Москва 1958.
7. Петков Р., Й.Карашки, Ц.Цонев Изследване на ефекта от модифициране върху структурата и твърдостта на бронз тип *CuAl9*. XII Национална научно-практическа конференция "Съвременни леярски технологии", Ловеч, 20-21 октомври 2005г.
8. Petkov R., R.Gavrilova Experimental investigation of the structure and properties of cuprum-aluminum alloys, additionally alloyed with Fe, Mn and Ni and modified with Mo. Втора национална конференция с международно участие „Металознание и нови материали ‘2012” 31.05-01.06.2012 Институт по металознание, съоръжения и технологии „акад.А.Балевски” с център по хидроаеродинамика – БАН.
9. Gavrilova R, R.Petkov Researches on the structure and properties of heat treated, nickel allowed, molybdenum modified aluminum bronze, Bulgarian chemical communications (IF) 2013 No4, Vol.45 (644-648).



фиг.5 Влияние на двойното комбинирано легиране с Fe, Mn и Ni, модифицирането с Mo и режима на охлаждане върху твърдостта на алуминиевият бронз

3. Двойното, комплексно легиране на алуминиевият бронз с Ni и Mn предизвиква формиране на фино дисперсна иглеста микроструктура, върху която влиянието на режима на охлаждане е едва забележимо; съществено издредбяване на микроструктурата рязко увеличава твърдостта до 225HBS.