

## Elaborarea unui aliaj neferos în atmosferă normală

Daniela-Lucia Chicet, dr. Ing. Asist. univ.

### 1. Considerații teoretice generale

Prin noțiunea de „aliaje neferoase” se înțelege, în sens general, totalitatea aliajelor care nu au ca element de bază fierul, iar în sens restrâns, totalitatea aliajelor larg utilizate în tehnică care au ca bază metale neferoase cum ar fi cuprul, aluminiul, magneziul, zincul, plumbul, staniul etc. Acestea nu fac parte din metalele neferoase rare sau scumpe. Există și noțiunea de aliaje neferoase „speciale”, cu utilizări exprese, de cele mai multe ori cu denumiri specifice.

#### 1.1. Clasificarea aliajelor neferoase

##### a) după numărul elementelor de aliere

- aliaje binare - conțin metalul de bază și un element de aliere;
- aliaje ternare - conțin metalul de bază și două elemente de aliere;
- aliaje cuaternare - conțin metalul de bază și trei elemente de aliere;
- aliaje complexe - conțin metalul de bază și mai mult de trei elemente de aliere;

##### b) după conținutul elementelor de aliere

- aliaje slab aliate, care au până la 3% elemente de aliere;
- aliaje mediu aliate, care au 3-10% elemente de aliere;
- aliaje înalt aliate, care au peste 10% elemente de aliere;

##### c) după masa specifică a metalului de bază

- aliaje ușoare, care au masa specifică mai mică de 4 kg/dm<sup>3</sup>, așa cum sunt cele pe bază de aluminiu, magneziu, beriliu etc. ;
- aliaje grele, care au masa specifică mai mare de 4 kg/dm<sup>3</sup>, așa cum sunt cele pe bază de cupru, nichel, zinc, staniu, plumb etc. Bronzurile și alamele sunt cele mai utilizate aliaje grele în turnătorii;

##### d) după temperatura de topire

- aliaje ușor fuzibile, care au temperaturi de topire mai mici de 500°C, din categoria cărora fac parte aliaje pe bază de plumb, staniu, zinc și cadmiu;
- aliaje cu temperatură medie de topire, care se topesc între temperaturile de 500°C și 1000°C și din care fac parte aliaje pe bază de aluminiu, magneziu și cupru;
- aliaje cu temperatură de topire ridicată, cuprinsă între 1000°C și 1500°C, din care fac parte aliajele pe bază de cupru, nichel, beriliu și mangan;
- aliaje greu fuzibile, cu temperaturi de topire de peste 1500°C, așa cum ar fi cele pe bază de cobalt, titan, platină, wolfram, molibden etc.

Este de reținut că această clasificare are în vedere temperatura de topire a metalului de bază, deoarece aliajele neferoase nu au un punct de topire constant, ci, se topesc într-un interval de temperatură, în funcție de compoziția chimică.

##### e) după destinație, utilizare și tehnologia de prelucrare

- prealiaje, utilizate ca materiale intermediare la elaborarea aliajelor neferoase;
- aliaje de turnătorie, destinate fabricării pieselor turnate;
- aliaje deformabile, care se prelucrează ulterior pe cale metalurgică prin deformare plastică la cald;
- aliaje destinate turnării pieselor cu proprietăți de antifricțiune;
- aliaje destinate industriei aeronautice, pe bază de aluminiu, magneziu și titan.

-aliaje cu destinație specială (electronică, biocompatibile, medicină, alimentație, opere de artă și cult etc.);

*f) după natura componentului de bază*

- aliajele cuprului;
- aliajele aluminiului;
- aliajele magneziului;
- aliajele nichelului etc.

Aliajele neferoase se caracterizează prin simbol (marcă), compoziție nominală, compoziție admisibilă și compoziție reală, pentru fiecare admitându-se anumite valori ale proprietăților fizice și mecanice, în general, standardizate.

Există, însă, și multe aliaje cunoscute sub diverse denumiri comerciale pe care literatura de specialitate le prezintă ca atare. Simbolul sau marca oferă o indicație sumară asupra naturii și componentelor aliajului. Compoziția nominală este compoziția chimică medie a aliajului, corespunzătoare simbolizării acestuia în standarde.

Exemple:

- $CuSn9Zn5T$  – aliaj de cupru (bronz) pentru turnătorie cu 9% Sn și 5% Zn;
- $CuAl9Fe5Ni5$  – aliaj de cupru (bronz) cu 9% Al, 5% Fe și 5% Ni;
- $CuZn38Pb2Mn2$  – aliaj de cupru (alamă) cu 38% Zn, 2% Pb și 2% Mn;
- $ATSi10Cu3MgFe$  – aliaj de aluminiu turnat, cu 10% Si, 3% Cu și cantități mici de Mg și Fe, dar, nu ca impurități;
- $YSn83$  – aliaj antifricțiune care conține 83% Sn.

## **1.2. Principiile elaborării aliajelor neferoase**

Elaborarea unor aliaje neferoase de bună calitate impune respectarea unor principii de la care abaterile trebuie să fie cât mai mici, acestea fiind următoarele:

### **A. Pregătirea șarjei**

Pregătirea șarjei presupune respectarea următoarelor condiții:

- materialele pentru încărcătură trebuie să fie cunoscute;
- pregătirea materialelor pentru șarjă se face prin sortare după compoziția chimică și după mărime, prin control vizual, pe baza caracteristicilor fizice cunoscute (aspect, culoare, ruptură, duritate etc.) sau prin controale chimice simple;
- componentele încărcăturii trebuie să fie curățate de impurități prin sablare;
- toate materialele din încărcătură trebuie să fie în stare uscată (fără umiditate, unsoare, uleiuri etc.) și, dacă este posibil, chiar în stare preîncălzită;
- toate materialele trebuie să fie dozate prin cântărire, astfel încât, pe baza calculelor de încărcătură, să se obțină aliajul dorit;
- compoziția chimică a șarjei se alege în așa fel, încât, după topire și alte procese metalurgice care au loc, opitura metalică să se afle între limitele de toleranță ale compoziției chimice impuse;
- dacă se utilizează șpan provenit de la prelucrarea mecanică prin așchiere este necesară uscarea prealabilă a acestuia prin încălzire la temperatura de peste 100°C;

### **B. Condiții de topire, supraîncălzire în stare lichidă și tratamente metalurgice ale topiturii metalice**

La topire se vor respecta următoarele condiții:

- se vor lua toate măsurile tehnologice astfel încât topirea să se efectueze într-o perioadă de timp cât mai scurtă posibil;

- introducerea materialelor metalice în cuptorul încălzit cu flacără se va face numai după ce acesta a fost încălzit la temperatura situată în intervalul de 800 - 900°C;
- ordinea de încărcare se face în funcție de procesul de topire, după cum urmează:
  - a) în cazul elaborării prin retopire (din lingouri sau din deșeuri proprii recirculate) se încarcă, pentru început, bucățile mai mari și în baia formată se scufundă bucățile mai mici;
  - b) în cazul elaborării cu aliere, se încarcă, la început, componenții șarjei care au temperatura de topire cea mai înaltă, capacitate termică mare și slabă afinitate chimică față de oxigen, iar cei ușor fuzibili și volatili sau cu afinitate chimică mare față de oxigen se introduc în baia metalică înainte de evacuarea din cuptor;
- se evită mișcările inutile ale bucăților sau băii metalice formate, ceea ce ar conduce la oxidare și gaze suplimentare;
- se utilizează scule uscate și acoperite cu material refractar protector;
- se lucrează cu zgură de protecție în strat uniform cu grosimea de 10-15 mm pe întreaga suprafață a topiturii, formată cu fondanții introduși odată cu încărcătura;
  - zgura formată trebuie să fie lichidă, compactă și să nu conțină componenți dăunători sau activi în raport cu metalul sau cu căptușeala cuptorului;
- se evită supraîncălzirea și menținerea băii la temperaturi mai mari de 100°C peste temperatura de topire, iar dacă este necesară creșterea temperaturii (pentru aliere, turnare etc.) aceasta trebuie să se facă pentru scurt timp;
- prealiajele și fondanții trebuie să fie cei indicați scopului tehnologic propus;
  - imediat după topire și atingerea temperaturii de supraîncălzire în stare lichidă, se va proceda la corectarea compoziției chimice;
  - în funcție de materialele utilizate se va aprecia dacă este necesară dezoxidarea topiturii înaintea introducerii în cuptor a elementele de aliere;
    - materialele de aliere și de corecție se vor introduce în cuptor în stare uscată (sau preîncălzite), ținându-se cont și de pierderile prin ardere;
  - la evacuarea din cuptor, sau în cazul altor transvazări, se va reduce la minimum înălțimea de cădere a metalului lichid;
    - oalele de turnare vor fi încălzite la "roșu", respectiv, la o temperatură cuprinsă în intervalul 600 – 800°C;

### **C. Controlul elaborării**

Desfășurarea proceselor metalurgice ce au loc pe parcursul elaborării aliajelor neferoase este necesar să fie controlată și dirijată în consecință.

Temperatura aliajelor în stare lichidă se măsoară cu termocuple de imersie, obținându-se o valoare precisă.

Compoziția chimică se determină prin analize chimice cantitative, prin metodele stabilite de către standardele în vigoare pentru fiecare metal sau aliaj.

Dezoxidarea și degazarea aliajelor sunt două operații foarte importante care condiționează în cea mai mare parte calitatea pieselor turnate. De aceea, topitura metalică nu trebuie evacuată din cuptor dacă se află în stare oxidată sau cu un conținut ridicat de gaze. Specific aliajelor de aluminiu este absorbția de gaze, care, neeliminate din topitură se materializează ca porozități în piesele turnate.

## **2. Aluminiul și aliajele aluminiului**

Aluminiul și aliajele lui reprezintă una dintre cele mai importante categorii de materiale utilizate de tehnica modernă datorită avantajelor legate de masa specifică mică,

conductibilități termică și electrică ridicate, rezistența la coroziune bună, caracteristicile mecanice apreciabile, prelucrabilitatea mecanică ușoară etc.

Aliajele aluminiului pot avea caracteristici mecanice și tehnologice superioare multor aliaje neferoase – unele sunt superioare chiar și fontelor. Astfel de proprietăți sunt următoarele:

- rezistența mecanică la tracțiune: 15-45 daN/mm<sup>2</sup>;
- alungirea: 0,5-18 %;
- duritatea Brinell: 50-130;
- prelucrabilitate mecanică foarte bună, atât metalurgic cât și mecanic;
- sudabilitate;
- masă specifică redusă.

### **2.1. Clasificarea aliajelor aluminiului**

Principalele criterii de clasificare sunt următoarele:

a) după tehnologiile de fabricație ale produselor:

- aliaje pentru turnare – utilizate pentru obținerea pieselor fasonate;
- aliaje deformabile – utilizate pentru deformarea plastică.

b) după proprietăți și domenii de utilizare: antifricțiune, anticorozive, refractare, criogenice, cu proprietăți mecanice speciale, superplastice, cu memorie, pentru pistoane, cu conductibilitate electrică bună, pentru îmbinări sudate și turnarea sub presiune etc., destinate tehnicii aerospațiale, industriilor de automobile, de nave, chimică alimentară etc.

În activitatea practică aliajele aluminiului pentru turnare se grupează după principalul element de aliere: siliciul, cuprul, magneziul, zincul. Ele pot fi aliaje binare, însă, cel mai adesea sunt aliaje complexe care, pe lângă elementul principal de aliere, mai conțin cantități importante de alte elemente.

Cele mai uzuale aliaje ale aluminiului sunt aliajele aluminiu – siliciu, aluminiu-cupru și aluminiu-magneziu. În funcție de procedeul de turnare adoptat mărcile de astfel de aliaje au în simbolizare următorul grup de litere: ATN – pentru aliaje turnate în amestec de formare; ATC – pentru aliaje turnate în cochilă; ATP – pentru aliaje utilizate la turnarea sub presiune.

#### **A. Aliaje aluminiu-siliciu**

Cele mai importante aliaje ale aluminiului sunt aliajele aluminiu-siliciu, care se folosesc foarte mult în turnătorii deoarece au proprietăți de turnare și caracteristici tehnologice superioare în comparație cu alte aliaje de aluminiu. Cunoscut și sub denumirea de siluminuri, au caracteristici mecanice satisfăcătoare, sunt impermeabile la lichide și gaze, sunt insensibile față de fisurile la cald, se sudează bine oxiacetilenic și au rezistența la coroziune mai bună decât cea a aluminiului datorită formării unei pelicule protectoare de SiO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O.

Pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice și lărgirea domeniilor de utilizare, în aliajele binare Al – Si se fac adaosuri de elemente secundare de aliere care formează faze intermetalice cu siliciul sau aluminiul a căror solubilitate variabilă în stare solidă permite durificarea prin tratament termic.

Aliajele Al – Si – Mg conținând până la 0,5%Mg, după tratamentul termic de revenire, au rezistența mecanică de rupere la tracțiune majorată cu 20%, plasticitatea dublă, iar rezistența la coroziune foarte înaltă. Dacă în aliajele ternare Al – Si – Mg se fac adaosuri de până la 2%Cu crește susceptibilitatea la tratament termic și se îmbunătățesc caracteristicile

mechanice, ceea ce le conferă calitatea de a fi folosite pentru blocul motoarelor cu ardere internă și carcasa compresoarelor.

Aliajele Al – Si – Cu, în care conținutul de cupru variază între 2% și 6%, se pretează bine pentru turnarea sub formă de piese, au caracteristici mecanice superioare, refractaritate ridicată și prelucrabilitate prin așchiere bună. Aliajele complexe Al – Si – Cu – Mg au proprietăți bune de turnare și caracteristici mecanice superioare fiind utilizate pentru producerea pieselor supuse la solicitări mari și temperaturi ridicate.

### **B. Aliaje aluminiu - cupru**

Aliajele din sistemul aluminiu – cupru se împart în următoarele două categorii:

a) Aliaje pentru turnătorii, care se împart în 3 grupe, respectiv următoarele:

- aliaje ce conțin mai puțin de 5% Cu, în care frecvent se fac adaosuri de magneziu și mangan;
- aliaje ce conțin 7 – 8% Cu, la care adesea se fac adaosuri de siliciu și fier, iar în cantități mai mici: mangan, crom, zinc, staniu etc.;
- aliaje ce conțin 10 – 14% Cu, care mai conțin siliciu (max. 5%), fier (max. 1,5%), magneziu (max. 0,3%) și proporții reduse de nichel, mangan și crom.

b) Aliaje pentru deformare plastică care se pot clasifica în următoarele trei grupe:

- aliaje ce conțin 5 – 6% Cu, binare sau cu adaosuri de Si, Mn, Sn, Pb, Cd, Bi, Li, V și Zr;
- duraluminiu ce conține 4,0 – 4,5% Cu, 0,5 – 1,5% Mg, 0,5 – 1,0% Mn;
- aliaje ce conțin nichel, precum cele de tip Y ce conțin 4% Cu, 2% Ni și 1,5% Mg.

Conform diagramei de echilibru a sistemului Al–Cu, prezentată în figura 1, solubilitatea maximă a cuprului în aluminiu este de 5,7 %, la temperatura de transformare eutectică de 548°C și scade la 0,2% Cu la temperatura de 200°C. Transformarea eutectică are loc la temperatura de 548°C. Faza intermetalică cristalizează direct din topitură la conținutul de 53,3%Cu și la temperatura de 591°C sub forma compusului  $\text{CuAl}_2$ . În figurile 2, 3 și 4 sunt prezentate microstructuri caracteristice aliajelor Cu – Al hipoeutectice, eutectice și hipereutectice.

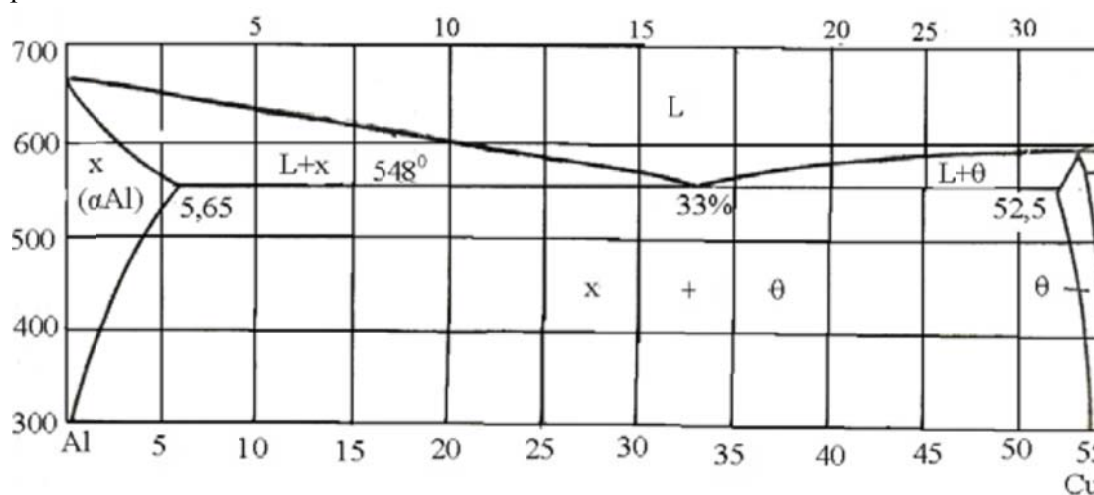


Fig.1. Diagrama de echilibru parțială a sistemului Al – Cu

Rezistența la rupere se dublează la călirea aliajelor cu peste 5% Cu și se triplează în urma îmbătrânirii artificiale la 160°C. Aliajele aluminiu-cupru au proprietăți de turnare mai slabe decât siluminurile deoarece au fluiditatea mai scăzută, iar tendința de a forma crăpături la cald și de absorbție a gazelor sunt mai mari.

Alierea secundară cu siliciu conduce la îmbunătățirea proprietăților de turnare, prin creșterea fluidității și reducerea tendinței de fisurare la cald, dar și la reducerea plasticității și a rezistenței mecanice. Adaosurile de magneziu măresc duritatea și rezistența la rupere, chiar și la temperaturi mai ridicate, dar micșorează alungirea și proprietățile de turnare. La 1 – 1,5%Mg aliajele se durifică prin îmbătrânire naturală. Adaosurile de mangan măresc rezistența la temperaturi înalte și reduc tendința de formare a fisurilor la cald.

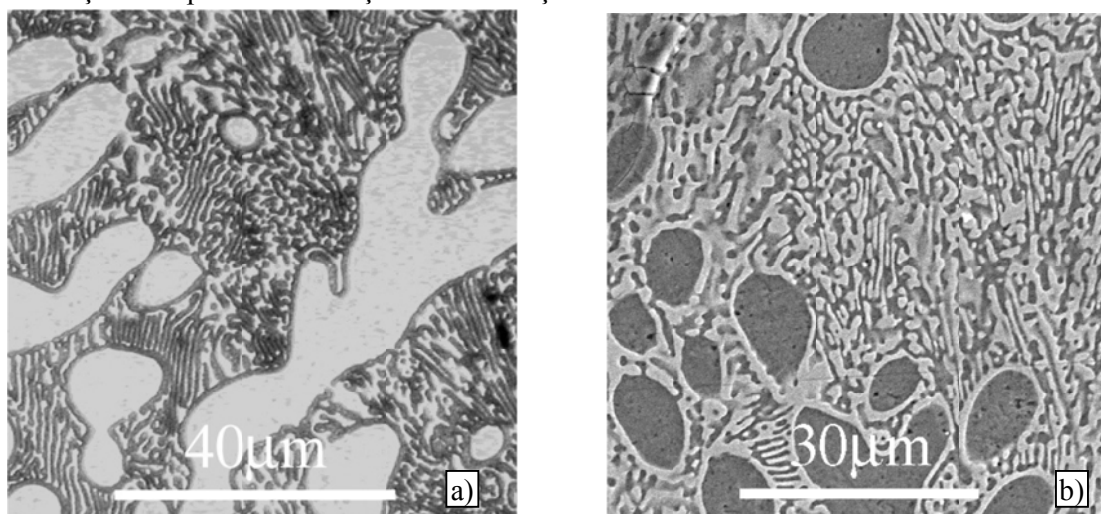


Fig.2. Microstructura unui aliaj hipoeutectic Al75Cu25 brut turnat (atac cu solutie NaOH) – a) microstructura obținută cu microscopul optic – se observă dendritele primare de  $\alpha$  (zonele albe) și eutecticul  $\alpha - \theta$  format din lamele învecinate de  $\alpha$  (Al) și  $\theta$  ( $\text{CuAl}_2$ ); b) imagine de electroni secundari (SEM).

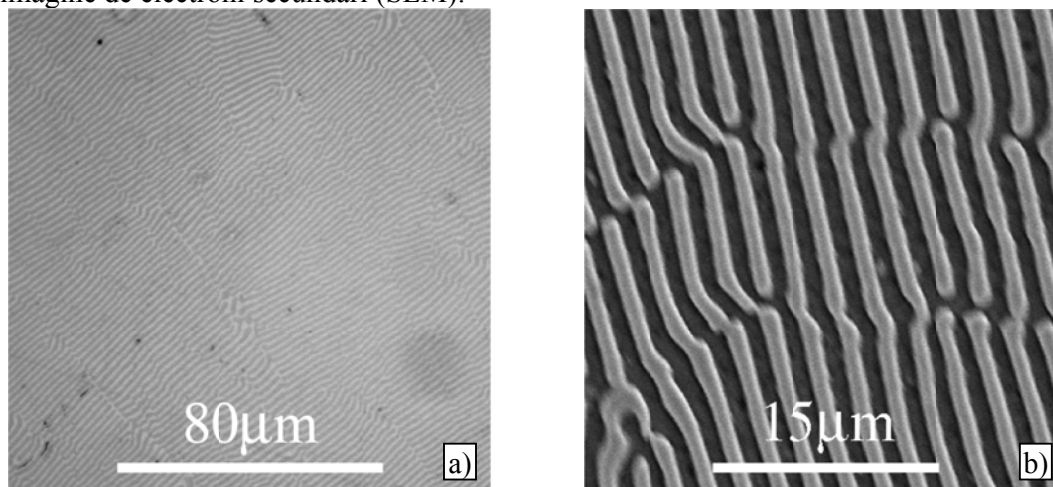
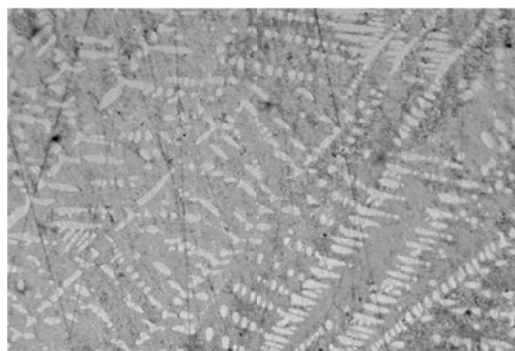


Fig.3. Microstructura unui aliaj eutectic Al67Cu33 realizat prin solidificare unidirecțională (atac cu solutie NaOH) – a) microstructura obținută cu microscopul optic – se observă că aliajul eutectic are structura de solidificare lamelară (cu direcția de creștere dată de gradientul termic), fiind format din fazele  $\alpha$  și  $\theta$  care au crescut simultan sub forma unei structuri interconectate. În urma atacului chimic, faza  $\theta$  reacționează și apare cu culoare închisă, în timp ce faza  $\alpha$  nu este atacată și apare cu culoare albă;



b) imagini de electroni secundari (SEM) – este prezentat un detaliu al structurii eutectice lamelare, în care se pot observa unele imperfecțiuni ale structurii lamelare apărute în

urma unor variații în timpul procesului de solidificare.

Fig.4. Microstructura unui aliaj hipereutectic Al<sub>64</sub>Cu<sub>36</sub> brut turnat (atac cu soluție NaOH – ) în acest caz, dendritele inițiale care se formează sunt din faza θ (CuAl<sub>2</sub>), iar lichidul rămas se va solidifica sub formă de eutectic atunci când va atinge temperatura eutectică.

### **C. Aliaje aluminiu – magneziu**

Aliajele aluminiului cu magneziu fac parte din grupa aliajelor superușoare, au rezistență mecanică bună, se prelucrează bine prin așchiere, au proprietăți superioare de lustruire obținându-se un aspect frumos după anodizare și posedă o foarte bună rezistență la coroziune. Dezvoltarea producției de piese turnate din astfel de aliaje este dificilă din cauza proprietăților slabe de turnare, dintre care se remarcă fluiditate redusă, tendință mare de oxidare la elaborare și turnare precum și tendință ridicată de a forma retasuri, sufluri și fisuri la cald. La mărirea conținutului de magneziu cresc caracteristicile mecanice, capacitatea de lustruire și rezistența la coroziune în apa de mare sau în soluții slab alcaline, în schimb, sudabilitatea și plasticitatea scăzând.

Elaborarea și turnarea acestor aliaje se face în condiții speciale din cauza reactivității chimice față de oxigen ridicate, fiind necesară folosirea unui strat consistent de fondant sau a unei atmosfere neutre, iar în amestecul de formare, introducerea unor inhibitori, precum sulful și acidul boric.

### **3. Elaborarea aliajelor de aluminiu**

În cazul elaborării aliajelor de aluminiu este important să se cunoască o serie de fenomene care se produc pe durata acestei operații, precum și modul de recunoaștere și dirijare a lor, acestea fiind următoarele:

- *Oxidarea*. Aluminiul are o mare afinitate chimică față de oxigen cu care în stare solidă formează un strat de câțiva microni de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, iar în stare lichidă, un strat ceva mai gros, însă, foarte etanș. Masa specifică a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este puțin mai mare ca a aluminiului, cca. 3,5 g/cm<sup>3</sup>, însă, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rămâne în suspensie sau la suprafața topiturii, existând riscul introducerii lui în baia metalică, de unde se va îndepărta greu. Dacă este necesară amestecarea băii, atunci această operație se va face numai după îndepărtarea acestui strat de oxizi. Alte tipuri de oxizi sau alte incluziuni nemetalice (carburi, nitruri și fosfuri) se formează rar și în cantități mici;

- *Absorbția gazelor*. Aluminiul și aliajele aluminiului solubilizează cantități mari de hidrogen și nesemnificative de alte gaze. Cantitatea de hidrogen absorbită crește odată cu mărirea temperaturii, iar sursele sunt atmosfera cuptorului, impuritățile și umiditatea din încărcătură sau fondanți, motiv pentru care acestea trebuie uscate la o temperatură cuprinsă în intervalul 300-400°C.

*Fondanții* sunt folosiți pentru limitarea pierderilor de metal din baie, dezoxidarea, degazarea și rafinarea băii metalice și modificarea structurii de turnare. Avându-se în vedere temperatura relativ scăzută la care se găsește aluminiul în stare topită (700-800°C), fondanții utilizați trebuie să aibă și ei temperaturi de topire joase (500-650°C). Oxizii care, în general, se separă la suprafață se evacuează înainte de turnare. Dacă oxizii formează zguri viscoase atunci ei vor antrena la evacuare și anumite cantități de aliaj, sub formă de picături. Din acest

motiv se recomandă utilizarea unor fondanți care să fluidizeze zgura și să permită recuperarea metalului din oxizi prin reducere;

- *Dezoxidarea* constă în dizolvarea  $Al_2O_3$ , care în general este foarte rezistent chimic și are temperatură înaltă de topire. Cea mai mare capacitate de dizolvare chimică a  $Al_2O_3$  o au fluorurile și, datorită acestei particularități, fondanții dezoxidanți conțin aceste substanțe. Cei mai utilizați fondanți sunt cei care conțin  $Na_2AlF_6$ ,  $KCl$ ,  $CaF_2$ ,  $NaCl$ ,  $NaF$  etc. ;

- *Degazarea*. Se face atât prin utilizarea fondanților cât și prin alte metode cum ar fi , de exemplu, presolidificarea. Fondanții cei mai utilizați sunt cei care, introduși în aliajul lichid, fierb la temperaturi joase și apoi se desorb odată cu celelalte incluziuni gazoase sub formă de bule de gaz. În acest scop se utilizează fondanții pe bază de cloruri(  $C_2Cl_6$ ,  $BCl_3$ ,  $KCl$ ,  $MnCl_2$  și  $ZnCl_2$ ).

Presolidificarea se bazează pe variația solubilității hidrogenului cu variația temperaturii. Pentru aceasta metalul protejat se răcește în creuzet până în preajma temperaturii de solidificare, timp în care va pierde o mare cantitate de hidrogen, și apoi se va încălzi foarte rapid până la temperatura de turnare;

- *Rafinarea*. Se execută ori de câte ori este nevoie, utilizând fie fondanți, fie gaze, dintre care azotul și clorul sunt cele mai folosite. Dacă azotul are o acțiune pur mecanică, clorul reacționează și chimic, fapt ce face ca uneori cele două gaze să fie utilizate concomitent. Introducerea lor se face cu ajutorul unor lănci speciale din țevă de oțel, racordate la butelia sub presiune printr-un furtun și reducător de presiune;

- *Modificarea*. Aceasta urmărește ca prin inocularea unor cantități infime de elemente să se obțină anumite structuri metalografice sau să se preîntâmpine anumite anomalii structurale. Modificarea este ultima operație înaintea turnării. Cei mai importanți modificatori sunt sodiul (0,08-0,1%), borul (0,01-0,05%), titanul (0,08-0,15%), fosforul (0,02-0,06%) etc.

## 4. Mod de lucru

### 4.1. Aparatura si materiale

La lucrarea de laborator se va elabora un aliaj  $Al64Cu36$  într-un cuptor de laborator cu încălzire prin inducție electromagnetică cu creuzet de carborund – cel prezentat în figura.4.



Fig.4. Cuptorul electric cu încălzire prin inducție utilizat pentru realizarea lucrării de laborator.

Elaborarea poate să decurgă fie plecând de la materiale pure, fie făcând o retopire însoțită de corecțiile de rigoare, fiind necesare următoarele categorii de materii prime și materiale:

- metale primare (Cu, Al) și prealiaje ( $Al50Cu50$ );



- deșeuri proprii de la elaborările precedente;
- cupru fosforos ( $\text{CuP}_9$ ,  $\text{CuP}_{11}$  sau  $\text{CuP}_{13}$ );
- fondanți universali preparați în laborator ( $60\%\text{NaF} + 25\%\text{NaCl} + 15\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ;  $40\%\text{NaF} + 45\%\text{NaCl} + 15\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ;  $30\%\text{NaF} + 50\%\text{NaCl} + 10\%\text{KCl} + 10\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$ );
- fluxuri de protecție a băilor metalice pe bază de cupru și aluminiu;
- degazanți:  $\text{C}_2\text{Cl}_6$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  sau azot gazos;
- vopsele refractare, chituri, pudre etc.

Pentru elaborarea aliajului se parcurg următoarele etape:

- se pregătește materia primă. Se sortează, se curăță, se decapează, se debitează și, dacă este necesar, se calcinează componentele încărcăturii;
- se pregătesc materialele auxiliare. Se verifică calitatea, termenul de valabilitate, etanșeitatea recipientelor, densitatea și umiditatea fondanților, vopselelor, amestecurilor de formare, pudrelor, chiturilor etc. ;
- se face calculul încărcăturii pentru elaborarea a 1000 g de aliaj  $\text{Al64Cu36}$ , luându-se în considerare că pentru condițiile de elaborare din laborator pierderile prin oxidare și/sau evaporare sunt de 2% la Al și 1% la Cu;
- se cântăresc toate componentele încărcăturii, materii prime, prealiaje și materiale auxiliare, necesare elaborării unei sarje de 1000 g de aliaj  $\text{Al64Cu36}$ ;
- se curăță creuzetul cuptorului de eventualele resturi de materiale metalice, fondanți sau zgură, rămase de la elaborările anterioare;
- se controlează funcționarea instalațiilor electrice aferente cuptorului de elaborare, corectitudinea legăturilor de punere la pământ, nivelul presiunii apei de răcire, funcționalitatea hotei de aspirație a gazelor etc.
- se pregătesc formele metalice și cele din amestec de formare necesare turnării epruvetelor pentru analiza structurii și macrostructurii aliajului elaborat, iar după uscare și preîncălzire, înaintea evacuării șarjei, acestea se aduc în apropierea cuptorului;
- încărcarea cuptorului prin introducerea în creuzet a întregii cantități de prealiaj utilizate;
- se cuplează cuptorul la o treaptă minimă de putere, iar, pe măsura creșterii temperaturii, se reglează nivelul de putere al generatorului;
- înaintea atingerii temperaturii de topire se adaugă pe suprafața încălzirii 30% din cantitatea necesară de flux de protecție (mangal și sticlă pisată) sau de fondant universal, iar imediat după topire se adaugă restul de 70% de flux sau fondant;
- la temperatura de  $1150^\circ\text{C}$  se întrerupe alimentarea cuptorului cu energie și se face dezoxidarea cu cupru fosforos, după care se înclină creuzetul ușor și se îndepărtează zgura;
- se face alierea treptată cu aluminiu;
- după degazarea și rafinarea cu cloruri ( $\text{MnCl}_2$ ) sau azot, la temperatura de  $700^\circ\text{C}$ , se toarnă proba și un set de probe pentru analiza microstructurală.

#### 4.2. Interpretarea rezultatelor

Pe parcursul elaborării, studenții vor consemna masa și modul de pregătire a materiilor prime și materialelor utilizate, ordinea de încărcare și temperaturile măsurate.

Se va cântări cantitatea de aliaj obținută și se vor face aprecieri asupra pierderilor de material cauzate de oxidarea elementelor componente.

În final, se analizează structura aliajului obținut și se identifică constituenții utilizând diagrama de echilibru parțială Al-Cu, prezentată în figura 1.

## **5. Bibliografie**

1. Ioan Carcea și Costel Roman. Aliaje neferoase-aplicații practice;
  2. Carcea, I. Aliaje neferoase de turnătorie. Editura Performantica. Iasi. 2009;
  3. <http://www.doitpoms.ac.uk/>. Microstructuri.
-