

# Alamă versus Bronz în alegerea materialelor



Ați putea fi interesat și de unul dintre produsele noastre fabricate din alamă:

www.herz.eu



**Robinete de echilibrare automate**  
pentru echilibrare hidraulică



**Robinete de echilibrare automate**



www.herz.eu



**Robinete cu sferă**  
pentru sisteme de gaz, încălzire, aer condiționat, ventilație și sanitară



**Robinete cu sferă HERZ**



www.herz.eu



**DE LUXE**  
Robinete pentru radiatoare – estetică perfectă



**HERZ DE LUXE**



www.herz.eu



**Servicii tehnologice pentru instalații de gaz**



**Servicii tehnologice pentru instalații de gaz**



www.herz.eu



**Sisteme de apă potabilă**



**Sisteme de apă potabilă**



www.HERZ.eu



**Stație de exploatare**



**Stație de exploatare HERZ**



## Cuprins

Cupru .....	1
Tipuri de bronz .....	2
Bronz cu mangan .....	2
Bronz cu mangan alb .....	2
Bronz cu aluminiu .....	2
Bronz cu nichel .....	2
Bronz cu siliciu .....	2
Bronz cu staniu și cu plumb.....	2
Bronz cu beriliu .....	3
Utilizarea bronzurilor în trecut și în prezent .....	3
Alama* .....	5
Istoria alamei .....	5
Efecte ale elementelor de aliere .....	7
Plumbul .....	7
Staniul .....	7
Siliciul .....	7
Arsenicul .....	7
Alpacaua .....	7
Alame pentru rezistența la coroziune .....	7
Rentabilitate .....	8
Alegerea alamei corecte .....	8
Tipuri de alamă .....	8
Alamele alfa .....	9
Alamele alfa-beta .....	9
Efectul adaosului de aliere .....	9
Utilizări ale alamelor rezistente la coroziune .....	10
Dezincarea .....	10
Identificare .....	11
Condiții pentru dezincare .....	11
Mod de evitare .....	11
Coroziune fisurată sub tensiune (SCC) .....	12
Identificare .....	12
Influența conținutului de zinc și a nivelului de tensiune .....	12
Alamă versus Bronz .....	14
Ce facem noi ... ..	15
Referințe și mulțumiri .....	16

## Cuprul

Cuprul este unul dintre cele mai răspândite materiale folosite în industrie. El este moale, maleabil și ductil, având o densitate de 8,9 și punctul de topire la 1083°C. Aceste proprietăți fac cuprul să fie un material recomandat pentru fabricarea anumitor obiecte. În plus are proprietăți conducătoare bune și este folosit la producerea cablurilor electrice și a firelor pentru utilaje, la acoperirea galvanică în cazul fabricării monedelor, cât și la fabricarea produselor electrocasnice. [3]

Cuprul poate fi turnat, forjat și laminat. El este necoroziv în condiții normale și are bune proprietăți de rezistență la apă. Tuburile din cupru sunt larg utilizate în industria mecanică. Cuprul în industrie mai este folosit la fabricarea munițiilor. De obicei, cuprul este utilizat în aliaj cu cositorul, zincul, nichelul etc. [3]



Figura 1: Cupru nativ (mărime ~4 cm)  
Sursă: <https://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

### Aliajele de cupru

Se împart în două mari grupe principale:

1. Aliaje pe baza sistemului Cu-Zn (alame), în care zincul este principalul metal din aliaj [3];
2. Aliaje pe baza sistemelor Cu-Me (bronzuri), în care Me (metalul) este principalul metal din aliaj [3], iar acesta poate fi: staniul, aluminiul, manganul, plumbul, nichelul, siliciul, beriliul sau cromul.

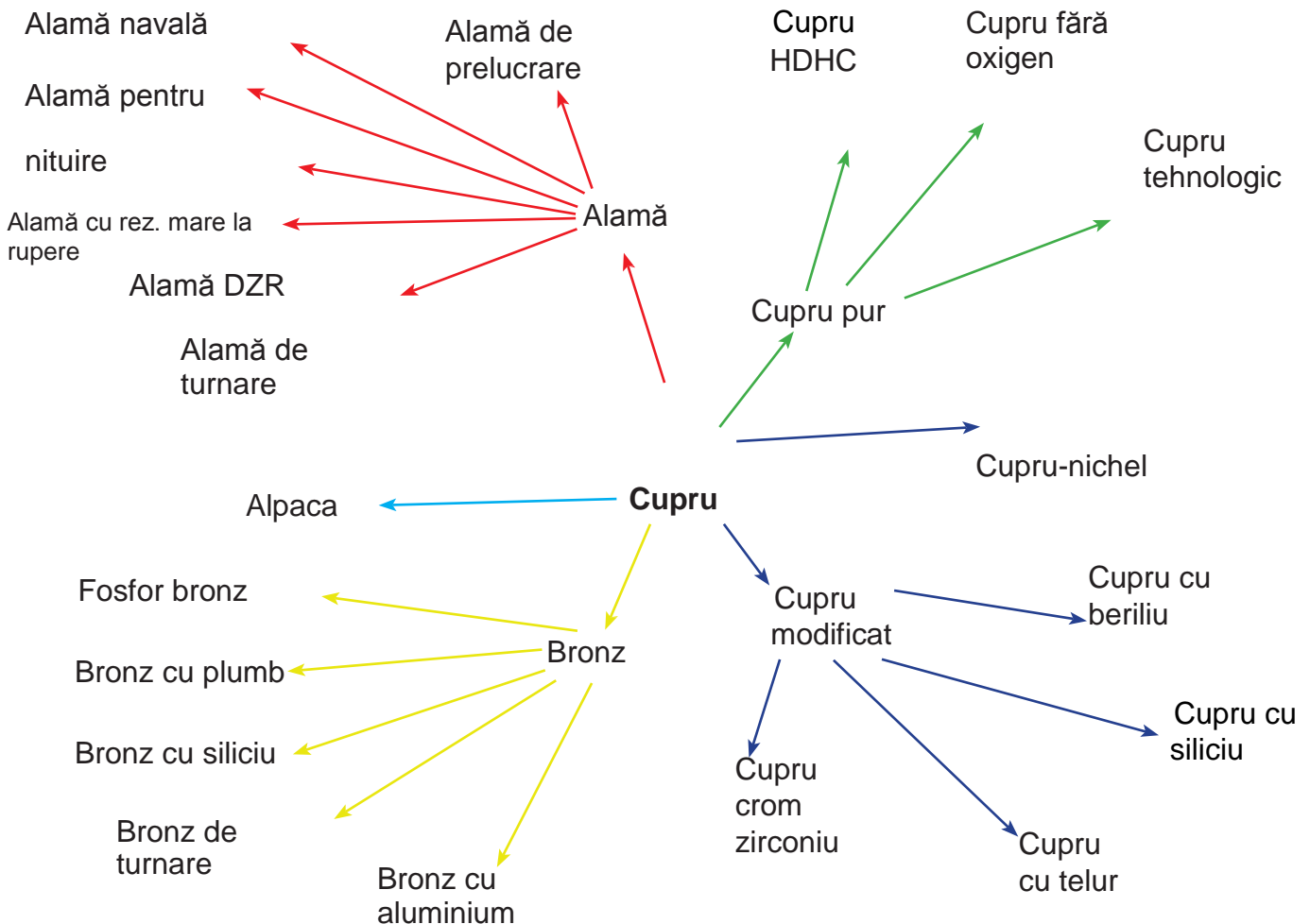


Figura 2. Clasificare

Sursă: <http://www.aalco.co.uk/>

## Tipuri de bronz

### Bronz cu mangan

Bronzul cu mangan este un aliaj de culoare galbenă, atent constituit, cu cantități măsurate de fier, mangan și aluminiu. Când metalul este încălzit la temperatura flăcării sau la punctul la care se observă vapori de oxid de zinc, acesta trebuie scos din cuptor și turnat. Aceste aliaje nu necesită tratare cu fondanți. Singurul adaos necesar este cel de zinc, care este obținut prin evaporarea acestuia. Cantitatea necesară evaporării este cea care va aduce conținutul de zinc înapoi la valoarea din rețeta de bază. Aceasta variază de la un procent foarte mic, când se toarnă toată șarja de lingouri, la câteva procente, dacă șarja conține un procent ridicat de material retopit.

### Bronz cu mangan alb

Există două aliaje în această familie, ambele fiind aliaje cupru-zinc, ce conțin o cantitate mare de mangan și, în alte cazuri, nichel. Aceste aliaje de tipul bronz cu mangan sunt ușor de topit și pot fi turnate la temperaturi reduse, deoarece sunt foarte lichide. Supraîncălzirea aliajului conduce la evaporarea zincului, iar chimia aliajului se modifică. În mod normal, aceste aliaje nu necesită tratare cu fondanți.

### Bronz cu aluminiu

Bronzul cu aluminiu trebuie încălzit și topit cu atenție în atmosferă oxidantă, la o temperatură corespunzătoare. Dacă este nevoie, se pot agita în topitură "degazeificatoare", care elimină hidrogenul și oxigenul din metalul topit, pe măsură ce cuptorul se golește. Golind pâlnia de turnare înainte de evacuare și analizând metalul după solidificare, putem spune dacă acesta s-a contractat sau dacă a emanat gaze. Dacă eșantionul a purjat sau s-a revărsat peste pâlnia de turnare, în timpul solidificării se impune eliminarea gazelor. Pentru îmbunătățirea curgerilor de metal topit există fluorurile, în special sub formă de pulbere. Acestea sunt folosite la eliminarea oxizilor, care se formează de obicei deasupra topiturii în timpul topirii și a supraîncălzirii. Din punct de vedere al intervalului de solidificare, bronzurile cu mangan și aluminiu sunt asemănătoare oțelurilor. Intervalele lor de solidificare sunt destul de mici, aproximativ 40 și respectiv 14°. Se pot obține semifabricate turnate cu dimensiuni mari prin aceleași metode convenționale cu cele folosite pentru oțel. Trebuie acordată atenție amplasării canalelor de turnare și a coloanelor montante, atât a celor ce controlează solidificarea direcțională, cât și a acelor ce alimentează retasura interioară centrală.

### Bronz cu nichel

Bronzurile cu nichel, cunoscute și sub numele de alpaca, sunt greu de topit deoarece nichelul crește solubilitatea hidrogenului, iar dacă aliajul nu este topit corect, acesta emană gaze imediat. Aceste aliaje trebuie topite în atmosferă oxidantă și trebuie supraîncălzite rapid la temperatura corespunzătoare, pentru a facilita pierderile de temperatură în timpul tratării cu fondanți și al manevrării. După golirea cuptorului, în metal trebuie amestecați fondanții pentru eliminarea hidrogenului și a oxigenului. Acești fondanți conțin mangan, calciu, siliciu, magneziu și fosfor.

### Bronz cu siliciu

Bronzurile cu siliciu sunt relativ ușor de topit și trebuie turnate la temperaturi corespunzătoare de turnare. În cazul supraîncălzirii hidrogenului, poate apărea acumularea acestuia în masa de metal topit. Pentru degazeificare, se poate folosi cu succes unul dintre „degazeificatoarele” folosite la bronzul cu aluminiu. În mod normal, în cazul acestor aliaje nu se folosesc fondanți.

### Bronz cu staniu și plumb

Bronzurile cu staniu și plumb și bronzurile cu conținut ridicat de plumb sunt tratate la fel în ceea ce privește topirea și tratarea cu fondanți. Tratarea lor este similară cu cea din cazul alamelor roșii și a alamelor roșii cu plumb, din cauza intervalului de solidificare asemănător, care este destul de

lung. Bronzurile cu staniu nu au practic interval de solidificare și este foarte dificil să obținem semifabricate de turnare perfecte. Aliajele cu intervale de solidificare atât de mari formează o zonă poroasă în timpul solidificării, conducând la retasuri interdendritice sau microretasuri. Pentru a preveni acest efect, modelul și amplasarea coloanei montante, plus utilizarea răcitoarelor pentru forme sunt importante, dar și viteza de solidificare; astfel, pentru rezultate mai bune trebuie să se asigure o solidificare rapidă. La fel ca și în cazul alamelor roșii cu plumb, bronzurile cu staniu au probleme în ceea ce privește porozitatea. Piesele obținute au o porozitate de 1 până la 2 % și doar formele mici au porozitate sub 1%. Solidificarea direcțională este cea mai bună în cazul pieselor relativ mari și groase, iar pentru forme mai mici și mai subțiri se recomandă solidificarea uniformă. De obicei se toarnă secțiuni de până la 25 mm grosime. Se pot turna și secțiuni de până la 50 mm grosime, dar doar cu dificultate și în condiții controlate cu atenție.

Bronzurile cu staniu sunt aliaje de cupru, cu un conținut minim de Cu de 99,3%. Diagrama de echilibru pentru Cu-Sn este una dintre cele mai dificile diagrame binare și în unele cazuri (în special între 20 și 40% Sn) ea nu se folosește. În practica tehnologică, doar aliajele care conțin mai puțin de 20% Sn sunt importante, cu excepția bronzului pentru clopote cu 20-25% staniu. Bronzurile cu staniu cu un conținut mai mare de Sn sunt foarte casante datorită prezenței fazelor intermetalice. Cu și Sn sunt solubile în stare lichidă, dar în stare solidă solubilitatea lor este limitată.

Adăugarea staniului are o influență similară asupra proprietăților bronzului ca și adăugarea zincului în cazul alamelor. Pentru formare se folosesc bronzuri cu aproximativ 9% Sn (este posibilă încălzirea acestor aliaje în stare monofazică cu peste 5% Sn). Bronzurile cu staniu se folosesc atunci când bronzurile nu sunt suficiente din punct de vedere al durității și al rezistenței la coroziune. Pentru turnare, se folosesc bronzuri cu conținut mai ridicat de Sn de până la 20%. Bronzurile turnate sunt mult mai des folosite decât bronzurile forjate. Pesele din bronz cu staniu au o rezistență și o duritate bună, o rezistență mare la coroziune și proprietăți bune la uzură (rezistența la uzură este dată de structura eterogenă). Bronzurile cu staniu au retasuri mici în timpul solidificării (1%), dar au cele mai slabe proprietăți de solidificare și o tendință mare de a crea microretasuri.

### **Bronz cu beriliu**

Beriliul este parțial solubil în cupru (max. 2,7%), iar în stare solidă solubilitatea scade (0,2% la temperatura camerei). Aliajele binare cu conținut redus de beriliu (0,25 până la 0,7%) au o conductivitate electrică bună, dar proprietăți mecanice slabe și sunt rareori folosite. Aliajele se realizează mai des cu un conținut mai mare de Be și se obțin și cu alte elemente de aliaj cum ar fi: Ni, Co, Mn și Ti. Cobaltul (0,2 până la 0,3 %) îmbunătățește rezistența termică și proprietățile de fluaj; nichelul îmbunătățește rezistența, iar titanul produce o granulație mai fină. Grupa principală din cadrul acestei familii de aliaje o reprezintă bronzurile cu beriliu cu conținut de 2% Be, datorită proprietăților mecanice bune după călire prin precipitare.

Tratarea termică a bronzurilor cu beriliu constă în recoacere (700 până la 800°C/1h) și călire în apă. După tratare termică, aliajul este maleabil și poate fi îmbunătățit doar prin îmbătrânire artificială. Călirea se face de la o temperatură de 280 până la 300°C. După călire (-a), rezistența la rupere a aliajului este mai mare de 1200 MPa, iar duritatea este de 400 HB. Rezistența la rupere a materialelor poate fi îmbunătățită prin profilare la rece, efectuată după ce s-au răcit, după temperatura de recoacere. Utilizarea bronzurilor cu beriliu este dată de rezistența lor mare la rupere, de duritate și rezistența la coroziune pe care aceste aliaje n-o pierd, chiar și în stare călită. Ele sunt folosite la producerea arcurilor electrice cu conductivitate bună, la realizarea echipamentelor care nu creează scântei în caz de contact (echipamente miniere), la construcția matrițelor, a rulmenților, etc.

## Utilizarea bronzurilor în trecut și în prezent

Adevărata Epocă a Bronzului – cu obiecte făcute din aliaj de cupru și staniu – începe aproximativ în anul 2800 î.e.n., în Orientul Mijlociu. Au existat și perioade anterioare în care s-au folosit alte aliaje naturale. Cel mai comun dintre aceste „bronzuri” alternative este aliajul de cupru și arsenic. Epoca uneltelor fabricate din cupru pur (numită deseori și Perioada Calcolitică) datează de la aproximativ anul 7000 î.e.n. Obiecte din bronz arsenic s-au găsit în sudul Iranului, datând cel puțin din anul 4000 î.e.n.. Termenul de Epocă Bronzului este uneori extins înapoi pentru a include bronzul arsenic.<sup>1</sup>

Apariția bronzului a fost importantă pentru fiecare civilizație care l-a întâlnit. Uneltele, armele, armurile și diferitele materiale de construcții, cum ar fi țițele decorative făcute din bronz erau mai dure și mai durabile decât cele anterioare („calcolitice”) făcute din piatră și cupru. La început, arsenicul cu impurități naturale dădea un aliaj natural superior denumit bronz arsenic.

Cele mai vechi bronzuri făcute cu staniu datează din mileniul al patrulea î.e.n. în Susa (Iran) și în unele situri străvechi la Luristan (Iran) și Mesopotamia (Irak).<sup>2</sup>

Cuprul și aliajele sale au o mare varietate de utilizări care reflectă proprietățile lor fizice, mecanice și chimice versatile. Câteva exemple comune sunt conductivitatea electrică ridicată a cuprului pur, calitățile excelente de ambutisare adâncă ale alamei pentru tuburi de cartuș, proprietățile de frecare redusă ale bronzului pentru rulmenți, calitățile rezonante ale bronzului pentru clopote și rezistența la coroziunea produsă de apa sărată în cazul altor câtorva aliaje din bronz.

În secolul XX, s-a introdus siliciul ca element primar de aliaj. Acesta producea un aliaj cu aplicații vaste în industrie, utilizarea majoră fiind la realizarea de statui contemporane. Aluminiul este și el folosit pentru metalul structural, cunoscut sub numele de cupru-aluminiu.

Bronzul este cel mai cunoscut metal pentru clopote și cimbale de înaltă calitate, iar mai recent pentru saxofoane. El este larg utilizat la sculpturile din metal turnat. Aliajele comune cu bronz au deseori proprietatea neobișnuită și foarte dorită de dilatare chiar înainte de a se întări, umplând astfel cele mai fine detalii ale unei matrițe. Piesele din bronz sunt dure și sunt folosite de obicei la realizarea rulmenților, a clipsurilor, a conectorilor electrici și a resorturilor.

Bronzul are totodată un coeficient de frecare foarte mic metal pe metal, lucru care l-a făcut valoros la realizarea tunurilor, la care ghiulele se blocau altfel pe țeavă. Astăzi este folosit mult la realizarea resorturilor, a rulmenților, a bucșelor, a lagărelor pentru transmisie la autovehicule și la alte fitinguri similare și este folosit îndeosebi la producerea rulmenților pentru motoare electrice mici. Bronzul fosforos este recomandat în special pentru rulmenți și resorturi de precizie. Bronzul este format în mod normal din 60 la sută cupru și 40 la sută staniu. Bronzul alfa ( $\alpha$ ) constă într-o soluție solidă ( $\alpha$ ) de cositor în staniu. Aliajele cu bronz ( $\alpha$ ) cu patru sau cinci la sută staniu sunt folosite la fabricarea monedelor, a resorturilor, a turbinelor și a lamelor. [5]

O altă proprietate utilă a bronzului este aceea că nu produce scântei (spre deosebire de oțel), atunci când este lovit de o suprafață dură. Acest avantaj îl face să fie folosit la fabricarea ciocanelor, a maiurilor, a cheilor și a altor unelte durabile ce pot fi folosite în atmosfere explozive, sau în prezența vaporilor inflamabili. [5]

<sup>1</sup> <http://www.historyworld.net/>.

<sup>2</sup> <http://www.newworldencyclopedia.org/>

## Alama

De obicei, alama este primul material ales pentru fabricarea componentelor pentru echipamente realizate în industria electrică și de precizie. Alama este specială datorită combinației unice de proprietăți neîntâlnită la niciun alt material, care o fac indispensabilă acolo unde se impune o durată de viață lungă și rentabilă.

Termenul generic de ‘alamă’ acoperă o gamă vastă de aliaje de cupru-zinc cu diferite combinații de proprietăți, inclusiv:

- Rezistență
- Prelucrabilitate
- Ductilitate
- Rezistență la uzură
- Duritate
- Culoare
- Conductivitate
- Rezistență la coroziune



Figura 3. Lingouri de alamă

Alamele pot fi turnate ușor în forme sau fabricate prin extrudare, laminare, tragere, matrițare la cald și profilare la rece.

- Prelucrabilitatea alamei stabilește standardul după care sunt judecate celelalte materiale.
- Alamele sunt ideale pentru o gamă largă de aplicații.
- Alama este în mod frecvent cel mai ieftin material.
- Alegerea corectă a alamei este importantă, dacă trebuie îndeplinite cerințe legate de fabricare și utilizare în modul cel mai eficient din punct de vedere economic.

Pentru a răspunde oricărei nevoi, există peste șaiszeci de compoziții standard din alamă cu conținut de cupru care variază între 58% și 95%. Pe lângă elementul de aliaj, zinc, se fac mici adaosuri (mai puțin de 5%) de alte elemente de aliere pentru a modifica proprietățile, astfel încât materialul rezultat să fie potrivit unui anumit scop.

Alama este cel mai bun material din care se pot realiza multe componente datorită combinațiilor sale unice de proprietăți. Rezistența și ductilitatea bună se combină cu o excelentă rezistență la coroziune și o prelucrabilitate superioară. Alamele stabilesc standardul după care este apreciată prelucrabilitatea celorlalte materiale și vin într-o varietate foarte mare de forme și mărimi pentru a permite un adaos de prelucrare minim. Sub formă de tijă sau bară, alamele sunt disponibile la producători și angroșiști. Pe termen lung, merită să aveți în vedere achiziționarea unor dimensiuni speciale sau a unor forme extrudate concepute să reducă la minimum costurile de producție ulterioare. Producătorii de tije din alamă pot produce o varietate mare de forme și mărimi cu cantități comandate minime, care sunt foarte mici în comparație cu multe alte materiale. Costurile matrițelor pentru extrudări speciale pot fi ieftine atunci când sunt folosite la o producție pe termen lung, iar piesele goale extrudate pot economisi operațiile excesive de alezare.

Alamele care au combinații variate de rezistență și ductilitate, rezistență la coroziune, prelucrabilitate, conductibilitate și multe alte atribute sunt folosite pe scară largă la realizarea componentelor și a produselor finite. Se pot avea în vedere și materiale alternative, dar trebuie reținut că evaluarea criteriilor principale este cea care afectează rentabilitatea generală pe toată durata de viață, mai degrabă decât costul inițial sau costul materiei prime.



## Istoria alamei

Alama a fost folosită de tot atâtea secole ca și cuprul, dar doar în ultimul mileniu ea a început să fie apreciată ca aliaj tehnologic folosit la realizarea bunurilor de larg consum și ca aliaj capabil să fie modelat prin prelucrare sau turnare, finisat prin gofrare, gravare și perforare sau lipit (vezi lipirea moale și tare) în obiecte deosebite, de cel mai fin calibru artistic. Înainte de secolul XVIII nu se putea folosi zincul, deoarece acesta se topește la 420°C și fierbe la aproximativ 950°C, sub temperatura necesară, pentru a reduce oxidul de zinc cu cărbune. În absența zincului nativ, a fost necesară obținerea alamei prin amestecarea minereului de smithsonit măcinat (calamină) cu cupru și încălzirea amestecului într-un creuzet. Căldura era suficientă pentru reducerea minereului la stare metalică, dar nu topea cuprul. Vaporii emanați de zinc pătrundeau în cupru pentru a forma alama, care putea fi topită apoi pentru a obține un aliaj uniform.

În epoca medievală nu exista nicio sursă de zinc pur. Atunci când zona Swansea, în sudul Țării Galilor, era efectiv centrul industriei mondiale a cuprului, alama se obținea din calamină găsită în dealurile Mendip din Somerset. Alama era folosită la monumente funerare, plăci subțiri inserate pentru consolidarea pardoselilor și plăci inscripționate pentru comemorarea celor decedați. Acestea conțineau, de obicei, 23-29% zinc, deseori și cantități mici de plumb și staniu. Ocazional, unele erau reciclate prin diverse metode.

Odată cu revoluția industrială, fabricarea alamei a devenit și mai importantă. În 1738, William Champion a obținut un brevet pentru producerea zincului prin distilare din carbonat de zinc și mangal. Acest lucru a dat un avânt mare fabricării alamei la Bristol.

Sârma s-a produs inițial prin tragere manuală, iar plăcile se obțineau cu ajutorul instalațiilor cu șteampuri. Deși primul laminor din Swansea a fost instalat la Dockwra în 1697, abia la mijlocul secolului XIX au început să fie introduse laminoare puternice. Uzina de la Dockwra s-a specializat în fabricarea acelor din alamă, semifabricatul inițial fiind o placă care cântărea aproximativ 30kg. Aceasta era tăiată în fâșii, întinsă pe un laminor cu apă și se făceau coaceri intermediare periodice, până când era adecvată pentru trefilare.

Odată cu inventarea alamei 60/40 de către Muntz în 1832, a devenit posibilă fabricarea plăcilor din alamă ieftine și prelucrabile la cald. Acestea au înlocuit utilizarea cuprului la căptușirea navelor din lemn, pentru a preveni murdărirea biologică și atacul microorganismelor. Un exemplu de căptușire cu alamă a fost nava Cutty Sark lansată în 1869. Metalul Muntz valora doar două treimi din costul cuprului și avea proprietăți identice cu cele ale cuprului pentru această utilizare. Muntz a devenit astfel bogat.

Dezvoltările ulterioare ale tehnologiei au ținut pasul cu cerințele clienților pentru o calitate mai bună, în cantități mai mari. Acum alama este turnată sub formă de țagle, pe trei utilaje de turnare continuă orizontală, este tăiată la lungime, reîncălzită și extrudată în prese moderne concepute să dea o calitate ridicată și rebuturi minime. Îndreptarea, tragerea, coacerea, tăierea la lungime, ascuțirea și inspecția ulterioară se fac în baza unor scheme de management al calității aprobate, care asigură că materialul este livrat conform cerințelor.

Astăzi, alama este cel mai bun material din care se fabrică multe componente din cauza combinației sale unice de proprietăți. Rezistența și ductilitatea bună se combină cu excelența rezistență la coroziune, culoarea atractivă și prelucrabilitatea ridicată.

Proprietățile valoroase ale cuprului care erau evidente la începuturile civilizației erau culoarea atractivă, ductilitatea și maleabilitatea excelentă și faptul că putea fi întărit prin prelucrare. În timpurile moderne, au fost exploatate și apreciate și alte proprietăți pentru o gamă largă de aplicații, cum ar fi conductivitatea termică și electrică ridicată, rezistența mare la coroziune, dar și proprietățile antimicrobiene.

În secolul al XXI-lea, cuprul și aliajele din cupru aduc o contribuție majoră la cele mai recente dezvoltări în domeniul energiilor regenerabile, al tehnologiei informațiilor și a comunicării, al fabricării monedelor, al arhitecturii, transporturilor, etc.

## Efecte determinate de elementele de aliere

### Plumbul

Adaosul cel mai des întâlnit în alamă pentru modificarea proprietăților acesteia, îl reprezintă plumbul, cu până la 3%, care poate fi adăugat la alamele  $\alpha$ - $\beta$  (alfa-beta) pentru a le conferi o prelucrabilitate ușoară. Plumbul nu formează o soluție solidă cu cuprul sau zincul, dar este prezent în fază discontinuă dispersată în tot aliajul. Plumbul nu afectează rezistența la coroziune și nu se adaugă la alame  $\alpha$  forjate, deoarece în absența unei faze  $\beta$  suficiente, poate da naștere la fisuri în timpul prelucrării la cald.

### Staniul

În procent de 1% staniul intră în compoziția alamei maritime tip CW706R (CZ111) și a alamei navale CZ112 (cea mai apropiată de CW712R). După cum indică și numele lor, aceste alame au fost concepute inițial pentru utilizare în apă sărată, staniul fiind adăugat pentru o mai bună rezistență la coroziune.

Astăzi, alama cu aluminiu tip CW702R (CZ110) a înlocuit alama maritimă pentru utilizare în construcția de nave, dar alama maritimă mai este folosită și în aplicațiile pentru apă dulce.

### Siliciul

Siliciul crește rezistența și rezistența la uzură a alamei și este inclus uneori în alame pentru turnarea în matrițe și în aliajele de umplere pentru sudura cu gaz, pentru a reduce oxidarea zincului și pentru a ajuta fluiditatea. Efectul său principal din punct de vedere al coroziunii este creșterea conținutului în faza  $\beta$ .

### Arsenicul

Arsenicul este adăugat deseori în cantități mici la aliajele de alamă  $\alpha$  pentru a oferi protecție împotriva coroziunii prin dezincare.

### Alpacaua

Gama de aliaje cupru-nichel-zinc care conțin până la 20% nichel și care sunt cunoscute sub numele de alpaca, poate fi considerată o clasă specială de alame. Ele au un aspect argintiu, mai mult decât culoarea tipică arămie. În majoritatea privințelor, ele prezintă caracteristici similare de coroziune cu cele ale alamelor  $\alpha$ , dar cele cu conținut mai ridicat de nichel au o rezistență superioară la oxidare și rezistă la fisurarea prin coroziune sub tensiune.

### Alamele prelucrabile fără plumb

În exploatarea sistemelor de alimentare cu apă au fost exprimate unele preocupări privind posibilitatea existenței de emisii de plumb. În general, această situație nu cauzează o problemă pe termen lung, dar s-au făcut unele studii pentru a analiza adaosurile alternative necesare ce pot produce o îmbunătățire a stabilității materialului. Unul dintre adaosurile sugerate este bismutul, dar, totuși în Europa nu au fost standardizate alte materiale alternative. Directiva UE privind vehiculele scoase din uz (ELV), adoptată în septembrie 2000, include prevederi pentru eliminarea treptată a unor metale, cum ar fi plumbul folosit la componentele auto. Totuși, aliajele din cupru ce conțin până la 4% plumb nu fac obiectul acestei directive. Utilizările acestor aliaje din cupru includ carcasele lagărelor, bucușe (bronz fosforos), duze, racorduri, sisteme de fixare și încuietori (alamă cu plumb).

### Alame pentru rezistența la coroziune

Un studiu de piață asupra percepției utilizatorilor a arătat că cea mai importantă proprietate a alamei este rezistența la coroziune. Toate alamele au o rezistență excelentă la coroziune în condiții normale de utilizare, fapt pentru care este materialul standard pentru milioane de terminale electrice, ca să dăm doar un exemplu. În cazul utilizării în medii de lucru agresive, trebuie să fiți atenți la alegerea alamei pentru a avea o durată de viață optimă în continuare. Această secțiune a prezentului articol detaliază aspectele care trebuie avute în vedere la alegerea alamelor pentru a

răspunde celor mai solicitante condiții.

Prețul de bază al alamei poate fi mai mare uneori decât al altor materiale alternative, dar acest lucru face parte totuși dintr-un cost total. Disponibilitatea alamelor în modele preformate precise obținute prin extrudare, matrițare la cald și turnare sub presiune, elimină mult din costurile de prelucrare necesare realizării produselor finite. Acest fapt, combinat cu costurile relucrării mecanice prin așchiere și a valorii sporului reciclat, conduce deseori la articole din alamă mai ieftine decât din alte materiale aparent mai ieftine. Alamele oferă frecvent performanțe mai bune și mai îndelungate, evitând reparațiile ulterioare și reclamațiile făcute în perioada de garanție.

### **Rentabilitate**

În practică sunt mulți factori care uneori sunt scăpați din vedere, ce contribuie la costurile reduse ale componentelor din alamă:

- Se pot folosi tehnici de fabricație cu toleranțe mici, astfel că prețul final este minim.
- Costurile de uzinare pot fi semnificativ mai mici decât pentru alte materiale sau procedee.
- Prelucrabilitatea ușoară înseamnă costuri de producție mici.
- Rezistența bună la coroziune a alamelor presupune costuri pentru stratul de protecție mai mici decât pentru alte materiale.
- Pe lângă aceste beneficii, valoarea mare a deșeurilor rezultate din procesul tehnologic poate fi folosită la reducerea semnificativă a costurilor de producție.
- Durata de viață mare a componentelor din alamă bine proiectate, conduce la costuri minime în exploatare.

### **Alegerea alamei corecte**

Există peste șaiszeci de tipuri de alamă specificate în standardele EN. Aliajele acoperă o gamă vastă de proprietăți și atribute, astfel că este esențial să alegeți aliajul adecvat pentru utilizarea și tehnologia de fabricație dorită.

Alamele pot fi clasificate în următoarele categorii:

- Alame cu prelucrare la viteză mare;
- Alame pentru prelucrare la cald;
- Alame pentru matrițare la cald;
- Alame pentru prelucrare la rece;
- Alame pentru turnare;
- Alame cu rezistență mare la rupere;
- Alame pentru aplicații electrice;
- Alame pentru aplicații arhitecturale;
- Alame pentru aplicații decorative;
- Alamă rezistentă la dezincare;
- Alame pentru utilizare în apă sărată;
- Tuburi de alamă;

### **Tipuri de alamă**

Alamele sunt aliaje de cupru în care constituentul principal de aliere este zincul. Proprietățile lor depind în special de proporția de zinc prezentă, dar acestea pot fi modificate prin introducerea componentelor suplimentare, în vederea îmbunătățirii caracteristicilor specifice cum ar fi: rezistența, prelucrabilitatea sau rezistența la anumite forme de coroziune.

Includerea acestor elemente terțe – în special aluminiu, siliciu sau staniu – crește conținutul în faza  $\beta$  pentru un anumit conținut de zinc. Prezența fazei  $\beta$  la alamele  $\alpha$ - $\beta$  conferă o ductilitate scăzută la temperaturi scăzute, dar o predispoziție crescută la prelucrarea la cald prin extrudare, matrițare sau turnare sub presiune fără fisurare la cald, chiar și în prezența plumbului.

Aliajele de tip  $\alpha$ - $\beta$  sunt de asemenea mai dure și deoarece conțin un procent mai mare de zinc sunt mai ieftine decât alamele de tip  $\alpha$ . Totuși, ele prezintă o susceptibilitate de coroziune la dezincare și sunt astfel mai puțin adecvate pentru utilizare în condiții în care poate apărea acest tip de atac.

### **Alamele de tip $\alpha$**

Gama de aliaje denumite „alame  $\alpha$ ” sau „alame pentru prelucrare la rece”, conține minimum 63% cupru. Ele sunt caracterizate de ductilitate bună la temperatura camerei și se pot deforma mult prin laminare, ambutisare, îndoire, filare, ambutisare adâncă, căpuire la rece și filetare prin rulare. Cel mai bun material din acest grup conține 30% zinc și este cunoscut deseori sub numele de alamă '70/30' sau alamă 'cartuș', CuZn30 - datorită ușurinței cu care aliajul poate fi ambutisat pentru fabricarea tuburilor de cartuș. Tuburile (cu diametru de până la 100mm) au la început forma unor discuri plate obținute din bandă sau placă și se prelucrează succesiv în forma finală printr-o serie de operații desfășurate la temperatura mediului ambiant, care alungesc progresiv pereții laterali și reduc grosimea acestora. Alama CuZn30 posedă combinația optimă de proprietăți precum rezistență, ductilitate și direcționalitate minimă, care o fac capabilă să fie tras la rece. Ductilitatea lui permite manipularea la rece, iar aliajul are o rezistență mai bună la coroziune decât alamele cu conținut mai mare de zinc.

### **Alamele $\alpha$ - $\beta$**

Alamele „ $\alpha$ - $\beta$ ”, alamele „duplex” sau alamele „pentru prelucrare la cald” conțin de obicei între 38% și 42% zinc. Spre deosebire de aliajele din grupa anterioară, capacitatea acestora de a se deforma la temperatura mediului ambiant este mai limitată. Totuși, ele sunt mult mai prelucrabile la temperaturi ridicate decât alamele  $\alpha$ , pot fi extrudate în bare cu secțiuni complexă, fie plină sau goală, și pot fi forjate la cald în matrițe închise (matrițare la cald) pentru a obține forme complexe. Temperatura ideală pentru prelucrare la cald este între 750°C și 650°C, în timp ce alama se răcește, timp în care faza  $\alpha$  se depune (vezi Figura 4). Procesul de prelucrare mecanică desface faza  $\alpha$  în particule mici pe măsură ce se depune, conducând la proprietăți mecanice bune.

Dacă trebuie să fie obținută o structură alfa monofazică la o alamă cu conținut mare de zinc, cum ar fi alama obișnuită și alama rezistentă la dezincare, trebuie ținut cont de controlul atent al temperaturii de coacere și de viteza de răcire. Utilizarea actuală a tehnicilor de coacere continuă pentru tablă, bandă, sârmă și tuburi conferă o viteză de răcire mult mai rapidă decât coacerea lotului anterior în cuptoare cu clopot și atmosferă controlată.

Adăugarea plumbului la aceste aliaje ajută la sfărâmarea așchiilor în timpul prelucrării, producând așchii scurte care sunt eliminate ușor din zona de tăiere pentru a îmbunătăți prelucrabilitatea. Deoarece costul zincului este mai redus decât cel al cuprului, alamele cu conținut mare de zinc au un cost inițial mai mic. Acest lucru poate fi semnificativ în evaluarea costurilor de producție și de utilizare pe toată durata de viață.

### **Efectul adaosului de aliere**

La aliajele de cupru-zinc se fac adaosuri de aliere din mai multe motive:

- pentru a îmbunătăți prelucrabilitatea
- pentru a îmbunătăți rezistența mecanică și rezistența la uzură
- pentru a îmbunătăți rezistența la coroziune
- din alte motive speciale

Gama foarte largă de compuși standard pe bază de alamă disponibili reflectă multiplele feluri în care se poate realiza o combinație optimă de proprietăți pentru asigurarea calităților în cadrul aplicațiilor dorite.

## Utilizări ale alamelor rezistente la coroziune

În alegerea materialelor pentru anumite utilizări, inginerii și proiectanții țin cont de o gamă vastă de proprietăți și caracteristici. Rezistența, ductilitatea, prelucrabilitatea, turnabilitatea, aspectul, prețul, forma convenabilă, rezistența la coroziune etc., au o importanță mai mare sau mai mică în funcție de scopul pentru care va fi folosit materialul. Alamele întrunesc multe dintre aceste cerințe, inclusiv rezistența la coroziune. Întrucât este simplu să prezentăm sub formă tabelară proprietățile mecanice, rezistența la coroziune este mai dificil de definit și cuantificat – în special, dacă ne gândim la gama largă de alame diferite disponibile și la gama și mai vastă de medii și de condiții, în care sunt folosite acestea. Iată de ce, în această secțiune oferim îndrumări cu privire la alegerea alamelor adecvate pentru diferite condiții de utilizare.

Alamele rezistente la dezincare pentru prelucrare la cald și turnare sub presiune sunt tratate într-un subcapitol separat, deoarece ele sunt alame  $\alpha$ - $\beta$ , tratate termic la peste 550°C, (în special alamele  $\alpha$ ) pentru condițiile în care sunt folosite. Cea mai importantă alamă rezistentă la dezincare este CW602N (CZ132). Ea este utilizată în special pentru matrițări la cald și pentru articole prelucrate din bare în cazul fabricării fittingurilor pentru apă, ce sunt folosite în zone în care apa produce dezincarea alamei.

La fabricarea unui robinet de închidere se folosesc în mod normal matrițări la cald ale alamei tip CW602N (CZ132) pentru corp, capac și șaibă, iar axul este prelucrat din bară de alamă tip CW602N (CZ132). Piulița presgarnitură nu intră în contact cu apa și, astfel, poate fi făcută din alamă tip  $\alpha$ - $\beta$ , excepție făcând cazul în care robinetul este folosit în subteran, caz în care acesta trebuie fabricat în întregime din CW602N (CZ132). Capul cabestan nu trebuie să fie rezistent la dezincare și poate fi obținut prin matrițarea la cald a alamei CW617N (CZ122). Acest fittinguri au în mod frecvent capete prelucrate pentru racorduri lipite pe țevi de cupru de 15 mm. Alama tip CW602N (CZ132) este recomandată pentru toate procedeele convenționale de lipire moale, dar dacă este supusă unei încălziri la peste 550°C se formează faza  $\beta$  și se pierde rezistența la dezincare. Astfel, lipirea cu cordon capilar nu este satisfăcătoare. Se poate folosi lipirea cu argint pentru realizarea componentelor unei supape de amestec etc. din bucăți de CW602N (CZ132), cu condiția ca materialul de lipire pe bază de argint folosit să fie rezistent la dezincare, iar componenta să fie tratată termic, conform cerințelor EN 12164 pentru CW602N (CZ132), după fabricare.

Alamele rezistente la dezincare obținute după același principiu ca și CW602N (CZ132) dar care conțin de obicei siliciu și/sau mangan pentru o mai mare fluiditate, sunt folosite ca piese turnate sub presiune pentru fabricarea robinetelor și a contoarelor de apă etc. Nevoia tratării termice după turnare, pentru a avea o structură  $\alpha$  totală, poate fi evitată uneori printr-o răcire treptată controlată în intervalul de temperatură de la 550°C până la 450°C.

## Dezincarea

Dezincarea este un exemplu de coroziune selectivă în care unul dintre constituenții aliajului este eliminat prin coroziune. Un alt exemplu este grafitizarea fontei. Fonta are o structură formată din ferită, grafit și cementită. Coroziunea produce dizolvarea progresivă a componentei ferită (fier), lăsând în urmă grafit. Dezincarea alamei este puțin mai complicată deoarece zincul și cuprul nu există ca și constituenți separați, ci ca soluții solide  $\alpha$  și  $\beta$ . Totuși, efectul coroziunii prin dezincare este similar grafitizării și anume o componentă a aliajului (zincul) este eliminată, lăsând o alta (cuprul) în urmă. Mecanismul prin care se întâmplă aceasta este probabil diferit prin aceea că, în loc ca zincul să fie eliminat selectiv din alamă, zincul și cuprul se transformă împreună în soluție, dar cuprul se depune din nou imediat în același loc pe care l-a ocupat la început. Astfel, rezultatul este eliminarea zincului sub formă de produs de coroziune și obținerea reziduurilor de cupru. Alama dezincată, asemeni fontei grafitizate, reține forma și dimensiunile inițiale ale componentei metalice înainte de coroziune dar, în ambele cazuri, reziduul este poros și are o rezistență foarte mică.

Dezincarea a fost identificată ca o problemă gravă la tuburile din alamă 70/30 folosite la condensatoarele pentru nave în 1920. S-a afirmat că fenomenul denumit 'Condenseritis' (dezincarea tuburilor condensatorului) a avut un efect mai mare decât anihilarea navelor Majestății Sale de către marina germană în Primul Război Mondial. Cercetările asupra problemei au arătat că dezincarea putea fi prevenită prin introducerea a aproximativ 0,03% arsenic în aliajul de alamă 70/30, iar acest adaos este standard astăzi în toate specificațiile pentru tuburi din alamă  $\alpha$ , inclusiv alama maritimă și alama cu aluminiu. Banda de alamă  $\alpha$  nu conține, de obicei, arsenic, deoarece ea este utilizată în special în situații în care dezincarea nu apare sau nu este semnificativă. Dezincarea, ca o problemă la fittingurile pentru apă din alamă  $\alpha$ - $\beta$  a fost identificată prima dată la sfârșitul anilor 1950, în unele districte din Anglia. Ea era un tip de dezincare, denumită astăzi „dezincare mering”, în care zincul ce se transformă în soluție din alamă, formează bule de coroziune, care blochează fittingul. Ea atacă în special faza  $\beta$ , dar ulterior se răspândește și în faza  $\alpha$  învecinată. Deoarece adaosul de arsenic la aliaj nu inhibă dezincarea fazei  $\beta$ , adaosurile de arsenic sunt inutile în cazul alamelor  $\alpha$ - $\beta$ .

### Identificare

Dezincarea apare sub formă de pete roșii mate, care se întind pe suprafața alamei după lungi perioade de expunere în atmosferă. Acestea nu reprezintă, în mod normal, o pierdere semnificativă pentru rezistența componentei în cauză și deoarece sunt mai mult decât superficiale, pot fi eliminate prin proceduri de curățare și lustruire care redau de obicei alamei aspectul său original. Dezincarea fittingurilor pentru apă, a robinetelor, etc. se observă într-o varietate de moduri, în funcție de compoziția apei și de condițiile de utilizare. Blocajele datorate dezincării de tip mering au fost deja menționate. Alte posibile manifestări sunt scurgerea apei prin pereții fittingului după lungi perioade de utilizare sau scurgeri pe la scaunul robinetului datorate dezincării conjugate cu eroziunea reziduuului moale dezincat.

Pagubele extreme cauzate de dezincare sunt reprezentare de fisurare, cu un aspect arămiu pe suprafața de fisurare. Fisurarea nu este des întâlnită, dar poate afecta fittingurile subterane din alamă  $\alpha$ - $\beta$  (la care dezincarea poate fi produsă atât de apă cât și de sol), tijele robinetelor, șuruburile și îmbinările executate prin lipire.

### Condiții pentru dezincare

Forma specială de dezincare care conduce la produși de coroziune consistenți (dezincare de tip mering) este asociată cu apele care au un raport clor-duritate ridicat, conjugat cu un pH ridicat, de obicei peste 8,0 și deseori peste 8,3.

Doi factori care pot crește probabilitatea și viteza de dezincare în timpul utilizării sunt temperatura ridicată și existența unui metal mai nobil. Dacă se folosesc piese din alamă pe țevile de apă caldă din cupru, efectele combinate dintre temperatura ridicată a apei și suprafața mare de cupru pot da naștere la o dezincare semnificativă, chiar și în cazul apei care nu prezintă probleme, de obicei. În consecință, acesta este un domeniu din cadrul instalațiilor casnice în care alamele nu sunt folosite.

### Mod de evitare

Problemele legate de dezincare apărute în timpul exploatării pot fi evitate, prin utilizarea unor alame rezistente la dezincare. În cazul schimbătoarelor de căldură sau a altui tip de tuburi, problema se rezolvă de la sine, deoarece toate specificațiile privind tuburile din alamă  $\alpha$  impun prezența arsenicului în aliaj pentru inhibarea dezincării. Banda sau tabla din alamă  $\alpha$ , alta decât alama cu aluminiu, nu conține de obicei arsenic, deoarece este folosită în special în situații în care nu apare o dezincare semnificativă. Pentru aplicații mai corozive se poate folosi banda din alamă cu aluminiu sau una dintre alamele cu conținut de cupru mai ridicat, cu 15% sau mai puțin zinc, care sunt practic imune la dezincare. Alpacaua prezintă și ea o rezistență ridicată la dezincare și poate reprezenta o alegere adecvată pentru utilizările în care această proprietate este importantă. Dacă procesul de fabricație implică matrițare la cald sau tije/bare neprelucrate, se folosesc de obicei alame  $\alpha$ - $\beta$ , acestea fiind susceptibile la dezincare în medii nefavorabile.

Cercetările au rezolvat această problemă prin obținerea alamelor care, la temperatura de matrițare la cald sau de extrudare conțin suficientă fază  $\beta$  pentru a fi prelucrate la cald în mod satisfăcător, dar care pot fi transformate prin tratare termică ulterioară într-o structură  $\alpha$  integrală, care este protejată împotriva dezincării prin introducerea arsenicului în aliaj. Pentru protecția împotriva dezincării procentul de arsenic trebuie să fie mai mare decât procentul de fier plus mangan. Acesta trebuie să fie sub formă de soluție și să nu fie combinat cu impurități de fier plus mangan. Problema este că specificația permite maximum 0,1% fier și mangan, iar arsenicul trebuie să fie între 0,02 și 0,15%. Această alamă forjabilă, rezistentă la dezincare, de tip CW602N (CZ132) este inclusă în specificațiile EN în cazul tijelor și forjării. CW602N (CZ132) este o alamă cu plumb a cărei prelucrabilitate este comparabilă cu cea a alamei duplex cu plumb CW617N (CZ122), utilizată frecvent la realizarea fittingurilor pentru apă. Tijele și barele din CW602N (CZ132), pentru prelucrare sunt tratate termic de către furnizorul de materiale pentru a le face rezistente la dezincare. Eboșa de forjare CW602N (CZ132) este livrată netratată termic, deoarece trebuie încălzită după forjare la 500-525°C, ținută cel puțin două ore și răcită treptat pentru a asigura rezistența la dezincare. Acest lucru este realizat de producătorul fittingurilor. Pentru a păstra rezistența la coroziune, fittingurile nu trebuie reîncălzite la o temperatură mai mare decât cea de tratare termică, așa cum se întâmplă în cazul lipiturii. Dacă este supraîncălzită accidental, rezistența la coroziune poate fi recăpătată prin repetarea tratamentului original.

### **Coroziune fisurantă sub tensiune (SCC)**

Coroziunea fisurantă sub tensiune sau „fisurarea sezonieră” apare doar în cazul prezenței simultane a unei tensiuni de rupere suficient de mari și a unui mediu coroziv specific. În cazul alamelor, mediul implicat conține de obicei amoniac sau substanțe înrudite cum ar fi aminele, dar și mediile ambiante care conțin între 0,05% și 0,5% dioxid de sulf pe volum pot conduce la coroziunea fisurantă sub tensiune. Metodele de testare a rezistenței la coroziune în cazul alamelor trebuie să fie conforme ISO 6957 (folosind amoniacul) sau EN ISO 196 (folosind nitratul de mercur). Coroziunea fisurantă a componentelor din alamă, sub acțiunea mercurului, mai poate apărea în timpul exploatarei și datorită contaminării de la termometrele sparte. Au fost raportate deasemenea potențiale probleme în cazul puțurilor de petrol din largul mării.

### **Identificare**

Coroziunea fisurantă sub tensiune, în cazul alamei este de obicei localizată și poate fi însoțită de pete negre pe suprafața înconjurătoare, dacă este implicat amoniacul. Suprafața de fisurare a rupturii poate fi pătată sau lucioasă în măsura în care fisura s-a propagat încet sau rapid. Fisurile pot fi perpendiculare pe direcția tensiunii de rupere implicate. De exemplu, tubul din alamă trasă care nu a fost copt cu tratament de detensionare are o tensiune circumferențială încorporată; în consecință, expunerea la un mediu cu amoniac poate produce fisurare longitudinală. Coroziunea fisurantă sub tensiune în cazul conductelor care au fost îndoite la rece, fără o coacere cu tratament de detensionare ulterioară, poate apărea de-a lungul axei neutre a îndoiturii. Coroziunea fisurantă sub tensiune datorată tensiunilor de utilizare este transversală pe axa tensiunii aplicate. Analiza secțiunilor metalografice de pe suprafețele fisurate, va arăta de obicei, un model de fisură intergranulară în cazul alamelor tip  $\alpha$  (simple). Cât despre alama cu aluminiu, fisurarea este transgranulară și mult ramificată, iar în cazul alamei maritime se pot observa una sau ambele forme de fisurare. Fisurile cauzate de coroziunea sub tensiune, în cazul alamelor de tip  $\alpha$ - $\beta$  se propagă transgranular în faza  $\beta$ , sau, ocazional, de-a lungul interfeței  $\alpha$ - $\beta$ . Fisurile par discontinue în secțiunile metalografice pe măsură ce acestea trec pe deasupra sau pe sub planul secțiunii pentru a înconjura faza alfa.

### **Influența conținutului de zinc și a nivelului de tensiune**

Cercetătorii (englezi n.r.) D.H.Thompson și A.W.Tracey au făcut un studiu detaliat asupra efectului nivelului de tensiune și a conținutului de zinc, asupra momentului de deteriorare prin coroziune fisurantă sub tensiune, pe epruvete încărcate axial, expuse la aer care conține 10% amoniac și 3,7% vapori de apă la 35°C.

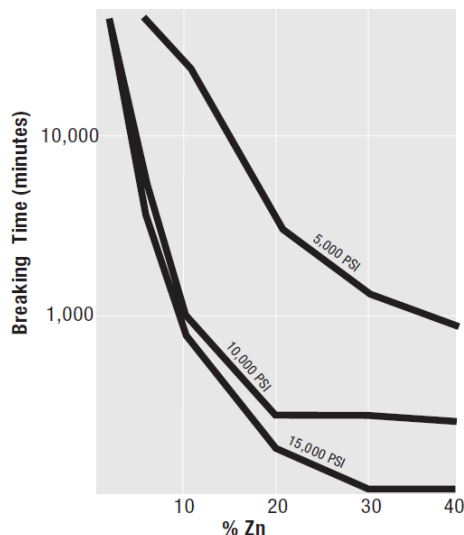


Figura 4: Efectul conținutului de zinc asupra susceptibilității alamei la coroziunea sub tensiune

Acesta este un test accelerat care dă erori într-un timp mult mai scurt decât în cazul majorității condițiilor de utilizare; rezultatele prezentate în Fig.4 trebuie considerate ca tendințe orientative și nu trebuie folosite la estimarea duratei de viață. Testul arată căci cu cât conținutul de cupru este mai mare, cu atât este mai bună rezistența la coroziune fisurantă sub tensiune. Într-o altă serie de experimente, teste accelerate într-o atmosferă cu amoniac pentru trei tensiuni diferite, D.H.Thompson a folosit epruvete în buclă pentru a studia efectul adăugării unui al treilea element asupra comportamentului la coroziune sub tensiune al diferitelor alame, într-o atmosferă încărcată cu amoniac. Rezultatele au arătat efecte benefice clare ale nichelului - 10% nichel, 25% zinc, alpacua testată fiind superioară cu 15% alamei cu zinc, fără alte adaosuri. Adăugarea siliciului la alama cu zinc 17% a fost și ea benefică.

Rezultate similare cu acestea au fost găsite și de către alți cercetători și sunt susținute de experiența practică. Un alt punct de interes rezultat din testele în buclă efectuate de Thompson și Tracey este faptul că alama cu aluminiu a prezentat o rezistență mai bună la coroziunea sub tensiune decât alama maritimă. Acest lucru a fost confirmat în cadrul testelor de coroziune sub tensiune atmosferică realizate asupra diferitelor aliaje de cupru de către J.M.Popplewell și T.C.Gearing. Epruvetele îndoite în U din alamă cu aluminiu, expuse la atmosfere industriale în Newhaven și Brooklyn au dat rezultate negative, în perioade ce au variat între 221 și 495 zile, în timp de epruvetele din alamă maritimă au avut rezultate negative între 41 și 95 de zile. Ambele materiale erau laminate la rece 40%. Uneori, s-a sugerat că nivelurile de arsenic apropiate de maximum 0,06%, permise de majoritatea standardelor naționale, pot crește susceptibilitatea alamei cu aluminiu la coroziunea sub tensiune. O analiză a publicațiilor de profil făcută de H.S.Campbell a concluzionat că reducerea conținutului maxim de arsenic de la 0,06 la 0,03%, ar avea doar un efect marginal asupra susceptibilității la coroziunea sub tensiune și ar reduce fiabilitatea adaosului de arsenic ca inhibitor al dezincării. În consecință, nu s-au impus modificări ale standardelor. Rezultatele testelor și experiența practică arătate mai sus se referă la alame de tip  $\alpha$  sau  $\alpha$ - $\beta$  și, în principal, la medii cu amoniac, deși dioxidul de sulf se poate să fi fost factorul coroziv cel mai important din testele cu expunere la atmosferă industrială. Alama de tip  $\beta$  integrală (al cărui singur exemplu comercial important este alama cu rezistență mare la rupere HTB3) este susceptibilă la coroziunea fisurantă sub tensiune și în medii care conțin cloruri, având așadar o utilizare mai limitată.

## Evitare

Dacă cerințele de utilizare și de fabricație permit, rezistența crescută la coroziunea fisurantă sub tensiune se poate obține prin alegerea unor alame mai puțin susceptibile – aliaje cu conținut mai redus de zinc în defavoarea aliajelor cu conținut mai mare de zinc, alpaca în defavoarea alamei simple, alama cu aluminiu în defavoarea celei maritime, CC765S (HTB1) în defavoarea lui CC762S (HTB3), etc. Totuși, întrucât toate alamele sunt susceptibile la coroziunea fisurantă sub tensiune într-o oarecare măsură, este mai importantă controlarea condițiilor de fabricație, de montaj și de utilizare pentru a evita combinația de tensiune mare și mediu defavorabil, care poate conduce și ea la coroziunea sub tensiune. Operațiile de prelucrare la rece precum: presarea, filarea, tragerea și îndoirea produc tensiuni interne care, dacă nu sunt eliminate sau reduse substanțial prin tratare termică de detensionare, pot conduce la coroziunea fisurantă sub tensiune. Durata și temperatura optime pentru detensionare depind de aliaj, dar se înscriu în intervalul 1/2 până la 1oră la 250-300°C. A doua sursă de niveluri periculoase de tensiune, care poate induce coroziunea fisurantă sub tensiune, și care trebuie evitată, este montajul necorespunzător în instalație.



Alinierea incorectă, golurile pe la garnituri și strângerea excesivă a bolțurilor sunt exemple clare de practici necorespunzătoare în această privință. Una dintre practicile mai puțin cunoscute este strângerea racordurilor cu filet conic pe robinetele din alamă cu filete paralele. Când se folosește banda PTFE pentru etanșarea filetului este ușor să strângem prea tare garniturile, până la un punct în care se generează o tensiune circumferențiară foarte mare pe piesa mamă. Au existat multe exemple de coroziune fisurantă sub tensiune longitudinală ulterioară a capătului robinetului, ca urmare a contactului cu concentrațiile destul de reduse de amoniac în timpul exploatării.

Controlul mediului în care se folosește alama poate părea un mod nepractic de a scăpa de coroziunea fisurantă sub tensiune în timpul exploatării, având în vedere gama largă de condiții de utilizare în care articolele și componentele din alamă sunt folosite zilnic, dar acest control poate conduce la evitarea expunerii inutile la contaminarea cu amoniac. O sursă de contaminare care a făcut ca fittingurile din alamă, supratensionate în timpul montării, să se fisureze în timpul exploatării, o reprezintă unele tipuri de material izolator din plastic cu spumă, în care aminele sau alte substanțe chimice înrudite cu amoniacul sunt folosite pe post de agenți de spumare sau întărire. Robinetele de apă rece din cadrul instalațiilor de climatizare pot fi afectate mult, deoarece acestea sunt supuse atât umezelii produse de condens cât și substanțelor chimice pe bază de amoniac. Alte surse comune, dar mai puțin nocive de amoniac sunt cimenturile pe bază de latex folosite la montajul gresiei și a faianței și unii agenți de curățare casnici (care, de obicei laudă conținutul de amoniac ca fiind unul din marile lor avantaje). Cea mai bună recomandare cu privire la aceste posibile surse de pericol este o bună ventilație după utilizarea cimentului pe bază de latex, astfel ca articolele de alamă din încăperea să fie expuse la amoniac doar pentru o perioadă scurtă de timp și spălarea temeinică a agenților de curățare casnici pe bază de amoniac, după utilizare.

## Alamă versus Bronz

Ținând cont de factorii și caracteristicile principale ale materialelor pe bază de cupru (alamă și bronz) este utilă expunerea acestora într-un tabel comparativ.

Alamă	Bronz
Prin combinarea diferitelor aliaje de alamă se poate obține rezistența perfectă la dezincare, prelucrabilitate excelentă și prelucrabilitate bună la rece	Rezistență la dezincare datorită absenței Zn în majoritatea cazurilor. Prelucrabilitate limitată.
Prețul este mai mic decât cel al bronzului datorită absenței staniului din aliaj, care este un material destul de scump.	Prețul este mai ridicat decât cel al alamei și depinde de conținutul de staniu.
Alama este mai ușor de folosit în procedeul de turnare, deoarece faza lichidă din forma de turnare își menține o stare fizică constantă.	Stratul superior al formei de turnare este acoperit relativ rapid de starea solidă, ceea ce face ca turnarea să fie mai dificilă.
Este posibilă obținerea unei bune ductilități la cald prin combinarea aliajelor.	Datorită bunei ductilități la cald se pot obține piese de structură foarte complexe.
Alama are o culoare galbenă, uneori asemănătoare aurului. Este relativ rezistentă la mătuire și este folosită des pentru decorațiuni.	Bronzul comercial are 90% cupru și 10% zinc și nu conține staniu. Este mai rezistent decât cuprul și are o ductilitate similară. Este folosit la fabricarea șuruburilor și a sârmelor.
Are un adaos de plumb pentru prelucrabilitate mai bună. Cantitatea de plumb din aliaj este mereu controlată, iar în cazul obiectelor sanitare este redusă la o valoare neglijabilă.	Datorită absenței plumbului, bronzul este mai bun la fabricarea robinetelor, a fittingurilor, a supapelor de reglare a circuitului, a fittingurilor cu comandă dinamică și a robinetelor termostatate etc., dar costurile de producție cresc semnificativ.
Alama se topește la o temperatură mai mică și, astfel, folosește mai puțină energie pentru topire. Ea se prelucrează și se lustruiește mult mai ușor decât bronzul, așadar prețul fabricării unui produs este mult mai mic. De asemenea, alama se uzează mai repede, iar clientul va trebui să cumpere piese de schimb mai des.	Dacă excludem oțelul din discuție, bronzul este inferior fierului în aproape orice aplicație. Atunci când pe el apare o patină, nu se oxidează. Este mult mai puțin friabil decât fierul și are o temperatură de turnare mai mică. (Desigur, oțelul are proprietăți cu care bronzul nu poate concura).

## Ce facem noi ...

HERZ Armaturen are 6 tipuri diferite de alamă pentru utilizări variate, cu folosirea caracteristicilor speciale ale fiecărui tip:

- CW617N și CW614N - prelucrabilitate excelentă, prelucrabilitate la rece limitată, foarte bune pentru matrițarea la cald. Ambele sunt folosite la fabricarea robinetelor pentru apă potabilă. În general se preferă CW617N, datorită caracteristicilor standard superioare.
- CW626N – este o alamă rezistentă la dezincare folosită la fabricarea robinetelor pentru apă potabilă și a fittingurilor.
- CW602N - este o alamă rezistentă la dezincare, cu o bună ductilitate la cald. Este tratată termic pentru a obține proprietățile DZR(rezistentă la dezincare).
- CW511N – alamă de uz general, care poate servi ca alternativă pentru CW626N
- CC752S – folosită doar pentru robinete de echilibrare, dar nu pentru armăturile care echipează radiatoarele.



## Referințe și mulțumiri

Această lucrare se bazează pe altele două elaborate de **InTech company (www.intechopen.com) paginile 2 și 3**, și **COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION Publicația No. 117, 1996 de către Vin Callcut, revizuită în 2005 de către Peter Webster, paginile 5 - 12**. Dorim să ne exprimăm gratitudinea față de aceste societăți pentru furnizarea tuturor informațiilor necesare realizării acestui raport.

Lista completă de referințe, care au fost folosite:

- [1] Radomila Konecná and Stanislava Fintová (2012). Copper and Copper Alloys: Casting, Classification and Characteristic Microstructures, Copper Alloys - Early Applications and Current Performance - Enhancing Processes, Dr. Luca Collini (Ed.), ISBN: 978-953-51-0160-4, InTech, Valabil din: <http://www.intechopen.com/books/copper-alloys-early-applications-and-current-performance-enhancingprocesses/copper-and-copper-alloys-casting-classification-and-characteristics>
- [2] "The Brasses Properties & Applications." <Http://www.copperalliance.org.uk/>. COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION, n.d. Web. <[http://www.copperalliance.org.uk/docs/librariesprovider5/resource/s%2Fpub-117---the-brasses\\_whole\\_web-pdf.pdf%3Fsfvrsn%3D0](http://www.copperalliance.org.uk/docs/librariesprovider5/resource/s%2Fpub-117---the-brasses_whole_web-pdf.pdf%3Fsfvrsn%3D0)>.
- [3] Khurmi, R. S., and R. S. Sedha. Material Science. New Delhi: S. Chand, 2005. Print.
- [4] "Copper, Brass & Bronze Alloys Explained." YouTube. YouTube, n.d. Web. 22 July 2015. <<https://www.youtube.com/watch?v=XN0LF2t-tf0>>.
- [5] "Bronze." - New World Encyclopedia. N.p., n.d. Web. 20 Oct. 2015.
- [6] "HistoryWorld - History and Timelines." HistoryWorld - History and Timelines. N.p., n.d. Web. 20 Oct. 2015.
- [7] <http://copperalliance.org.uk/copper-and-its-alloys/history/copper-through-the-ages>

Toate specificațiile și informațiile din cadrul acestui document sunt în conformitate cu informațiile disponibile la momentul tipăririi și destinate doar scopului informativ. Herz Armaturen își rezervă dreptul de a modifica și schimba produsele precum și specificații tehnice și/sau funcționarea lor ca urmare a evoluției tehnologiei. Se înțelege că toate imaginile produselor Herz sunt reprezentări simbolice și drept urmare pot diferi din punct de vedere vizual față de produsul propriu-zis. Culoarele pot diferi din cauza tehnologiei de tipărire folosite. În cazul în care aveți întrebări ulterioare nu ezitați să contactați cea mai apropiată reprezentanță HERZ.

HERZ Armaturen GmbH  
Richard-Strauss-Str. 22, A-1230 Vienna  
Tel.: +43 (0)1 616 26 31-0, Fax: +43 (0)1 616 26 31-227  
E-Mail: office@herz.eu  
[www.herz.eu](http://www.herz.eu)

