

**Materiale metalice performante
feroase și neferoase**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Materiale metalice performante feroase și neferoase /

Mihai Chisamera, Gabriela Popescu, Gigel Neagu, ... –

București : Editura Academiei Oamenilor de Știință din

România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-54-2

I. Chisamera, Mihai

II. Popescu, Gabriela

III. Neagu, Gigel

62.002.3:669

Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

Adresa: Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București, România

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAȘU

Documentarist: ing. Ioan BALINT

Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,
București, 2011**

Mihai Chisamera

Gabriela Popescu

Gigel Neagu

Viorel Șerban

Cristian Dobrescu

Stelian Stan

**Materiale metalice
performante
feroase și neferoase**



Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

București

2011

Cuprins

1. Materiale metalice cu proprietăți speciale	7
2. Fonte modificate și aliate	21
3. Oțeluri modificate și aliate	43
4. Aliaje neferoase ușoare	55
5. Materiale compozite cu matrice metalică	69
Bibliografie	81

Capitolul 1

MATERIALE METALICE CU PROPRIETĂȚI SPECIALE

1.1. Introducere

Secole de-a rândul (începând cu secolul al XV-lea Î.Hr.) fierul și aliajele sale au rămas cele mai importante materiale. Avantajele lor le recomandă în continuare ca materialele cu ponderea principală (aproximativ 65-70% din producția mondială în tone), în ciuda faptului că în țările dezvoltate, producția de materiale nemetalice (ceramice și plastice) au depășit uneori în volum cea de oțel iar metale și aliaje neferoase pe bază de Al, Ti, Mg precum și materialele compozite au devenit un concurent serios datorită proprietăților speciale și progreselor spectaculoase obținute în procesarea lor.

Producția de materiale confruntată azi cu probleme majore legate de epuizarea resurselor, criza energetică, explozia unor noi domenii industriale, creșterea continuă a competitivității produselor (caracterizată prin „maximizarea performanțelor și minimizarea costurilor”) a condus la eforturi deosebite ale specialiștilor în știința materialelor concretizate prin conceperea și producerea fie de materiale noi - cunoscute în literatura tehnică sub numele de „Advanced Materials” - cât și de produse noi (sau reproiectate), precum și la necesitatea elaborării de tehnologii performante;

Materialele metalice cu proprietăți speciale includ pe de o parte materiale noi cu caracteristici obișnuite dar cu valori performante ale acestora pe care materialele clasice nu le pot atinge, cum ar fi proprietăți excelente la temperaturi înalte sau foarte joase, proprietăți electrice și magnetice deosebite, proprietăți speciale de dilatare termică, rezistență la coroziune sau uzare și pe de altă parte, materiale speciale cu proprietăți fizice noi cum ar fi materialele cu structură nanocristalină sau amorfă.

Dacă clasificăm materiale metalice cu proprietăți speciale din punct de vedere destinației industriale - la realizarea de produse sau ca satisfacere a unei funcții – în materiale structurale și funcționale, vom întâlni în prima categorie: aliajele cu limită de elasticitate foarte înaltă, aliaje dual-phase, aliaje neferoase pe bază de titan, aluminiu, magneziu, materiale compozite (compozite) iar în cea de-a doua categorie aliaje supraconductoare, superaliaje, aliaje metalice amorfă, aliaje cu memoria formei. Parte din acestea se vor detalia în continuare.

1.2. Superaliaje

Un *superaliaj* reprezintă un aliaj pe bază de metale din grupa VIII A, dezvoltat pentru *funcționarea la temperaturi înalte*, în condițiile unor tensiuni mecanice ridicate și a unei înalte stabilități superficiale.

Aceste materiale constau din aliaje pe bază de Fe, Ni, Co și Cr, cu diverse cantități de W, V, Ta, Nb, Ti, Al, la care se pot adăuga mici cantități de B, Zr și Hf care măresc rezistența la fluaj și ductilitatea prin finisarea granulației.

În superaliaje, carbonul este prezent în cantități relativ mici: sub 0,03 % la superaliajele pe bază de Ni și Fe și în procente puțin mai mari la superaliajele pe bază de cobalt care se durifică prin formarea de carburi.

Cele mai importante proprietăți ale superaliajelor sunt:

- rezistența la expunere îndelungată la temperaturi mai mari de 650°C
- rezistența la coroziune și eroziune la cald.

Principalele clase de superaliaje sunt: superaliaje pe bază de Fe, Co și Ni.

1.2.1. Superaliaje pe bază de fier

Aceste superaliaje au fierul drept constituent principal și conțin cantități importante de Cr și Ni și posibil aditivi mai mici de Mo sau W. Aceste aliaje sunt durificate prin precipitare de carburi sau de faze intermetalice. Fazele intermetalice sunt în general de tip γ' , Ni₃(Al, Ti).

Diferența dintre superaliajele pe bază de fier și oțelurile inoxidabile este că primele conțin 25- 35% Ni pe când oțelurile inoxidabile conțin 12-25 % Cr și max. 20 % Ni.

În superaliajele pe bază de fier se adaugă diverse elemente de aliere, pentru îndeplinirea anumitor funcții, cum ar fi:

a – durificarea se realizează prin adăugarea de Ni, Al, Ti și Nb. La aliajele cfc durificarea se realizează prin adăugarea de până la 0,5 % C care formează carburi, al căror efect durificator este accentuat prin aditivii de N și P. Carbonul mai are ca efect și durificarea limitelor de grăunți, prin precipitarea carburilor în aceste regiuni. Durificarea soluției solide se realizează prin aliere cu Mo și W;

b – rezistența la oxidare este îmbunătățită prin alierea cu Cr, Ni și Mn;

c – rezistența la temperaturi mai mari de 540°C se obține numai în cazul aliajelor cfc deoarece rețeaua cristalină compactă este cea mai rezistentă la fluaj;

d – reducerea coeficientului de dilatare termică se realizează prin precipitare dispersă (aliere cu Al, Ti și Nb) și alierea complexă a soluției solide (aliere cu Ni și Co).

O serie aparte de aliaje o constituie cele complexe, de tip Fe-Ni-Cr (-Co) la care Fe nu este majoritar. Deoarece conțin cantități semnificative de Fe aceste tip de superaliaje, care se durifică atât prin alierea soluției solide cât și prin precipitarea de compuși intermetalici, sunt considerate tot pe bază de Fe.

În tabelul 1.1 se prezintă câteva exemple de astfel de aliaje.

Tabelul 1.1

Compoziții nominale ale unor superaliaje pe bază de fier

Nr.crt		UNS No.	Compoziția chimică, %										
			Cr	Ni	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al	Fe	C	Alte elemente
Superaliaje durificate prin alierea soluției solide													
1	Incoloy 800	N08800	21,0	32,5	-	-	-	-	0,38	0,38	45,7	0,05	-
2	Multimet N-155	R30155	21,0	20,0	20,0	3,00	2,5	1,0	-	-	32,2	0,15	0,15N; 0,02La ; 0,02Zr
Superaliaje durificate prin precipitare													
1	A-286	K66286	15,0	26,0	-	1,25	-	-	2,0	0,2	55,2	0,04	0,005B ; 0,34V
4	Incoloy 903	-	Max. 0,1	38,0	15,0	0,1	-	3,0	1,4	0,7	41,0	0,04	-

1.2.2. Superaliaje pe bază de cobalt

Superaliajele pe bază de cobalt sunt aliaje care au cobaltul drept constituent principal și conțin cantități importante de Ni, Cr și W și posibil aditivi mai mici de Mo, Nb, Ta, Ti, La sau ocazional Fe. Aceste aliaje sunt durificate prin alierea soluției solide și prin precipitare de carburi (caz în care conțin 0,4-0,85 %C).

Superaliajele pe bază de Co se subîmpart în 3 grupe, în funcție de temperatura de utilizare:

1. între 650-1150⁰C, cum ar fi: Haynes 25, Haynes 188, etc;
2. până la 650⁰C, destinate sistemelor de prindere, cum ar fi: MP-35N, etc
3. rezistente la uzură, cum ar fi Stellite 6B

Prin controlul strict al cantităților de La, Si, Al și Mn se pot obține proprietăți superioare la temperaturi ridicate, ca în cazul mărcii Haynes 188 care posedă rezistență la oxidare până la 1100⁰C, rezistență la coroziune la cald, rezistență la fluaj, deformabilitate la temperatura camerei și ductilitate după îmbătrânirea îndelungată la temperaturile de funcționare .

Principalele mărci de superaliaje pe bază de cobalt, la care durificarea se realizează prin alierea soluției solide, sunt sintetizate în Tab. 1.2.

Tabelul 1.2

Compoziții nominale ale unor superaliaje pe bază de cobalt durificate prin alierea soluției solide

Nr. crt.	Marca	UNS No.	Compoziția chimică, %										
			Cr	Ni	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al	Fe	C	Alte elemente
1.	Haynes 25	R30605	20,0	10,0	50,0	-	15,0	-	-	-	3,0	0,1	1,5Mn
2.	Haynes 188	R30188	22,0	22,0	37,0	-	14,5	-	-	-	3,0	0,1	0,9La
3.	MP-35N	R30035	20,0	35,0	35,0	10,0	-	-	-	-	-	-	-
4.	Stellite 6B	-	28,0	-	49,0	-	-	-	-	-	21,0	0,12	-

1.2.3 Superaliaje pe bază de nichel

Superaliajele pe bază de nichel au acest element în proporție maximă (30-75 %), în compoziția chimică unde se mai găsesc cantități semnificative de Cr (până la 30 %), însoțit de Fe (până la max. 35 %), Mo, W și Ta. Durificarea acestor superaliaje se face prin alierea soluției solide sau prin precipitarea secundară de compuși intermetalici. Elementele care formează compuși intermetalici sunt Al, Ti și Nb. Pentru îmbunătățirea rezistenței mecanice și la coroziune se adaugă mici cantități de Al, Ti, Nb, Mo și W.

Tabelul 1.3

Compoziții nominale ale unor superaliaje pe bază de nichel

Nr. crt.	Marca	UNS No.	Compoziția chimică, %										
			Cr	Ni	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al	Fe	C	Alte elemente
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Superaliaje durificate prin alierea soluției solide													
1	HastelloyB	N10001	Max. 1,0	63,0	Max. 2,5	28,0	-	-	-	-	5,0	Max. 0,05	0,03 V
2	Hastelloy S	-	15,5	67,0	-	15,5	-	-	-	0,2	1,0	0,02	0,02 La
3	Inconel 600	N06600	15,5	76,0	-	-	-	-	-	-	8,0	0,08	Max. 0,25Cu
4	Inconel 601	N06601	23,0	60,5	-	-	-	-	-	1,35	14,1	0,05	Max. 0,05Cu
Superaliaje durificate prin precipitare, %													
1	Astroloy	-	15,0	56,5	15,0	5,25	-	-	3,5	4,4	<0,3	0,06	0,03B; 0,06Zr
2.	Inconel 706	N09706	16,0	41,5	-	-	-	-	1,75	0,2	37,5	0,03	2,9 (Nb+Ta)

Combi-nația de Ni și Cr conferă acestor aliaje o remarcabilă rezistență la oxidare, superioară oțelurilor inoxidabile, în special la temperaturi mai mari de 650⁰C.

a – *Superaliajele durificate prin alierea soluției solide* sunt utilizate după recoacere joasă, între 870 și 980⁰C, pentru obținerea celor mai mari valori ale rezistenței la tracțiune și la oboseală; înaltă, între 1120 și 1200⁰C, pentru obținerea unor valori optime ale rezistenței la oboseală și la fluaj, peste 600⁰C

b - *Superaliajele durificate prin precipitare* conțin Al, Ti sau Nb. Compușii intermetalici care precipită pot fi γ' [Ni₃(Al, Ti)] sau γ'' (Ni₃Nb). Călirea de precipitare constă din punerea în soluție între 970 și 1175⁰C urmată de una sau mai multe reveniri între 600 și 815⁰C.

Cele mai importante mărci de superaliaje pe bază de nichel, la care durificarea se realizează prin alierea soluției solide sau precipitare, sunt sintetizate în Tab. 1.3.

1.3. Materiale metalice amorfe

Metalele amorfe reprezintă o nouă clasă de materiale avansate care, spre deosebire de aliajele metalice obișnuite cu structură cristalină, prezintă o distribuție aproape întâmplătoare a atomilor în spațiu. Aceste aliaje amorfe au fost numite sticle metalice, prin analogie cu sticlele oxidice obișnuite ce sunt solide amorfe rezultate prin rigidizarea unei topituri subrăcite.