

**VASILE COJOCARU-FILIPCIUC**

Dr. ing., prof. univ.

**PREGĂTIREA ÎNCĂRCĂTURII**  
**pentru elaborarea fontei**  
**în cuptoare cu inducție**



**Editura "Samia"**

**Iași – 2006**

**Editura "Samia"**

Str. Cuza Vodă, nr. 17, 700040 - Iași  
Tel.: 0232-26.23.00; 21.03.49  
România

**Tipărit:**

S.C. Print Color SRL  
Str. Cuza Vodă, nr. 17, 700040 - Iași  
Tel.: 0232-26.23.00; 21.03.49  
România

**Autori:**

Vasile Cojocaru-Filipiuc  
Dr.ing., prof.univ.  
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iași

**Referent științific:**

Ioan Mărginean Dr.ing., prof.univ.  
Universitatea "Politehnica" din București

**Coperta:**

**Vasile Cojocaru-Filipiuc**  
Dr.ing., prof.univ.

**Procesare figuri:**

Vasile Cojocaru-Filipiuc, Dr.ing., prof.univ.  
Camelia-Lena Aioanei, tehnician

**Tehnoredactare:**

Camelia-Lena Aioanei, tehnician

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale****COJOCARU-FILIPUIC, VASILE****Pregătirea încărcăturii pentru elaborarea fontei în cuptoare cu inducție/**

Vasile Cojocaru-Filipiuc, Dr.ing.prof.univ. Editura "Samia", 2006

Bibliogr.

Index.

ISBN (10) 973-7783-04-2; ISBN (13) 978-973-7783-04-2  
669.13(075.8)

**VASILE COJOCARU-FILIPCIUC**

Dr.ing., prof.univ.

**PREGĂTIREA ÎNCĂRCĂTURII**  
**pentru elaborarea fontei**  
**în cuptoare cu inducție**



## **Prefață**

Această lucrare reprezintă o monografie ce analizează pregătirea încărcăturii metalice și nemetalice în cazul elaborării fontei în cuptoare electrice cu încălzire prin inducție.

Se prezintă în detaliu pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere ale compozițiilor chimice și sortimentale (metoda analitică de calcul al încărcăturii metalice, metoda grafică de calcul al încărcăturii metalice, verificarea încărcăturii metalice și calculul încărcăturii metalice prin metoda alegerii-tatonării), calitativ, dimensional, grad de securitate, temperatură, geometric și stare de agregare și pregătirea încărcăturii nemetalice din puncte de vedere ale compoziției chimice, calitativ, dimensional și cantitativ.

Se subliniază, în final, și măsuri de asigurare a protecției muncii în sectorul de pregătire a încărcăturii.

Monografia se adresează studenților de la specializările Ingineria Procesării Materialelor și Ingineria Materialelor, poate fi consultată de către studenții de la alte specializări ce aparțin profilului Știința Materialelor și, în egală măsură, se adresează specialiștilor ce activează în domeniul elaborării fontei în cuptoare electrice cu încălzire prin inducție.

Orice sugestie în legătură cu ameliorarea acestei monografii este binevenită.

Autorul



## Cuprins

Pag.	
	Prefață ..... 9
	1.Fluxul tehnologic..... 11
	2.Pregătirea încărcăturii..... 11
	2.1.Pregătirea încărcăturii metalice ..... 12
	2.1.1.Pregătirea încărcăturii metalice din punctul de vedere al compozițiilor chimică și sortimentală ..... 12
	2.1.1.1.Metoda analitică de calcul al încărcăturii metalice ..... 12
	2.1.1.1.a.Calculul analitic al încărcăturii metalice formată dintr-un sort metalic ..... 12
	2.1.1.1.a.1.Căptușeala refractară acidă ..... 16
	2.1.1.1.a.2.Căptușeala refractară neutră ..... 89
	2.1.1.1.a.3.Căptușeala refractară bazică ..... 92
	2.1.1.1.b.Calculul analitic al încărcăturii formată din două sorturi metalice ..... 92
	2.1.1.1.b.1.Calculul analitic al proporțiilor de A și B, utilizându-se siliciul ca element chimic de referință ..... 92
	2.1.1.1.b.1.a.Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare ..... 93
	2.1.1.1.b.1.b.Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei ..... 97
	2.1.1.1.b.2.Calculul analitic al proporțiilor de A și B, utilizându-se siliciul și manganul ca elemente chimice de referință ..... 99
	2.1.1.1.b.2.a.Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare ..... 99

2.1.1.1.b.2.b.Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei .....	105
2.1.1.1.c.Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din trei sorturi metalice .....	110
2.1.1.1.c.1.Calculul analitic al proporțiilor de A, B și C, utilizându-se siliciul și manganul ca elemente chimice de referință .....	110
2.1.1.1.c.1.a.Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare .....	110
2.1.1.1.c.1.b.Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei .....	112
2.1.1.1.c.2.Calculul analitic al proporțiilor de A, B și C, utilizându-se siliciul, manganul și carbonul ca elemente chimice de referință....	114
2.1.1.1.c.2.a.Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare .....	115
2.1.1.1.c.2.b.Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei .....	120
2.1.1.1.d.Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din patru sorturi metalice .....	124
2.1.1.1.d.1.Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare .....	124
2.1.1.1.d.2.Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei .....	126
2.1.1.1.e.Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din cinci sorturi metalice .....	129
2.1.1.1.f.Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din șase sorturi metalice sau mai multe .....	138
2.1.1.2.Metoda grafică de calcul al încărcăturii metalice .....	139



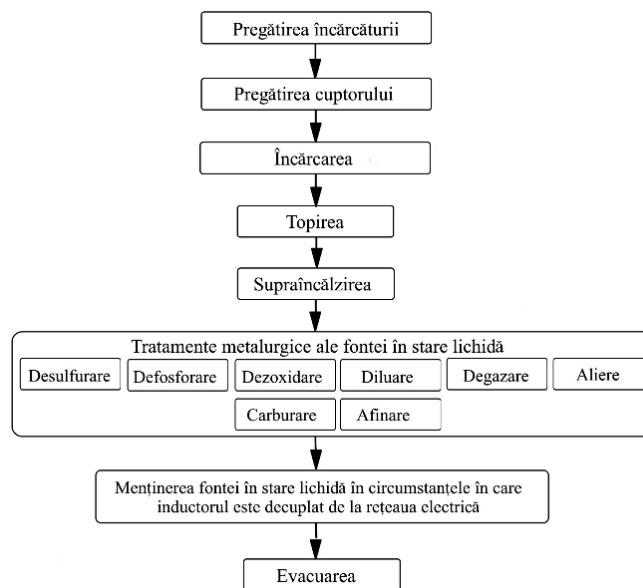
2.1.1.2.1.Încărcătura metalică este formată din două sorturi metalice .....	139
2.1.1.2.1.a. Utilizarea ca bază de calcul a siliciului – metoda coordonatelor paralele .....	139
2.1.1.2.1.b.Utilizarea ca bază de calcul a siliciului și manganului – metoda coordonatelor .....	142
2.1.1.2.2.Încărcătura metalică este formată din trei sorturi metalice .....	147
2.1.1.2.2.1.Alegerea celor trei sorturi metalice – metoda coordonatelor .....	147
2.1.1.2.2.2.Calculul proporțiilor celor trei sorturi metalice prin metoda coordonatelor .....	149
2.1.1.2.2.3.Calculul proporțiilor celor trei sorturi metalice prin metoda coordonatelor paralele .....	151
2.1.1.2.2.4. Încărcătura metalică este formată din mai mult de trei sorturi metalice .....	152
2.1.1.3. Verificarea încărcăturii metalice .....	154
2.1.1.3.1.Verificarea sulfurii .....	155
2.1.1.3.2.Verificarea fosforului .....	158
2.1.1.3.3.Verificarea carbonului .....	159
2.1.1.3.4.Verificarea elementelor chimice de aliere..	170
2.1.1.3.5.Verificarea manganului .....	181
2.1.1.4.Calculul încărcăturii metalice prin metoda alegerii (tatonării) .....	182
2.1.2. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere calitativ .....	184
2.1.3. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere dimensional .....	186
2.1.4. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al gradului de securitate .....	186

2.1.5. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al temperaturii .....	187
2.1.6. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere geometric .....	193
2.1.7. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al stării de agregare .....	193
2.2. Pregătirea încărcăturii nemetalice .....	198
2.2.1. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere al compoziției chimice .....	198
2.2.2. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere calitativ .....	205
2.2.3. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere dimensional .....	205
2.2.4. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere cantitativ .....	208
2.2.4.1. Calculul cantității de material de reducere....	208
2.2.4.2. Calculul cantității de material de carburare...	214
2.3. Fișa încărcăturii .....	219
3. Măsuri de asigurare a protecției muncii .....	220
Bibliografie .....	235

## 1. Fluxul tehnologic

Indiferent de calitatea fontei elaborarea acesteia se realizează conform unui flux tehnologic ce conține mai multe etape, numărul acestora fiind în funcție de marca de fontă propusă a fi elaborată, calitatea încărcăturii, natura chimică a căptușelii refractare, tipul de cuptor în care se face elaborarea etc.

Schema fluxului tehnologic de elaborare în cuptorul electric cu încălzire prin inducție este prezentată în figura 1.



**Fig1. Schema fluxului tehnologic de elaborare a fontei în cuptoare electrice cu încălzire prin inducție.**

## 2. Pregătirea încărcăturii

Încărcătura este de natură metalică și nemetalică.

## **2.1. Pregătirea încărcăturii metalice**

Încăcătura metalică este pregătită din următoarele puncte de vedere: compoziție chimică și sortimentală, geometric, calitativ, grad de securitate, temperatură, dimensional și stare de agregare.

### **2.1.1. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al compozițiilor chimică și sortimentală – calculul încărcăturii metalice**

Încăcătura metalică se calculează prin trei tipuri de metode, respectiv, analitică, grafică și a tatonării.

#### **2.1.1.1. Metoda analitică de calcul al încărcăturii metalice**

Elementele chimice din compoziția chimică ce trebuie asigurate, în principal, sunt carbonul, siliciul și manganul. Celelalte elemente chimice din compoziția chimică a fontei propusă să fie elaborată se consideră că se asigură prin intervenții asupra băii metalice.

Încăcătura metalică este alcătuită din unul sau mai multe sorturi metalice, în funcție de capacitatea de procesare a cuptorului, calitatea sorturilor metalice de încărcătură, calitatea fontei propusă a fi elaborată etc.

##### **2.1.1.1.a. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată dintr-un sort metalic**

În acest caz, calculul analitic este o noțiune relativă deoarece încăcătura metalică este formată dintr-un sort metalic, acesta fiind în proporție de 100%.

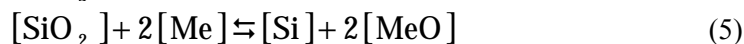
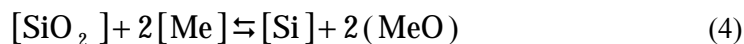
Elementul chimic ce determină alegerea sortului metalic este

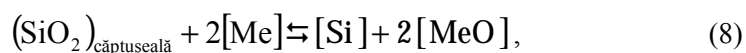
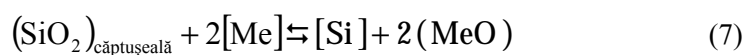
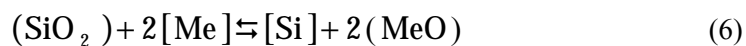
siliciul, însă, această situație este principială – de exemplu, în cazul elaborării fontei cu grafit nodular, se recomandă să se țină seama de toate elementele chimice însoțitoare de bază ale fierului (C, Si, Mn, P și S) dar și de oxigen împreună cu elementele chimice antimodificatoare (Ti, Pb, Sb, As și Al, în mod deosebit, dar și Bi, Te, Se etc., în unele cazuri, [6]; concret, proporția maximă admisă în fonta lichidă ce se supune modificării este următoarea: 0,08% Al, 0,01% Sb, 0,05% As, 0,002% Bi, 0,002% Pb, 0,03% Se, 0,01% Te, 0,08% Sn, 0,04% Ti etc.; se subliniază atenția maximă ce trebuie acordată titanului deoarece majoritatea minereurilor de fier din care se obține fonta brută conțin și compuși chimici pe bază de titan).

Sortul metalic trebuie să asigure în încărcătură necesarul de siliciu, adică  $\langle \%Si \rangle$ .

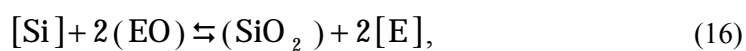
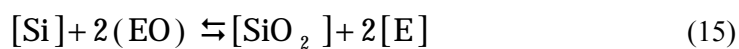
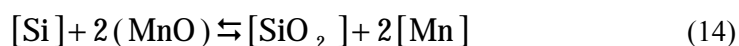
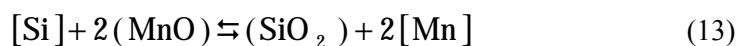
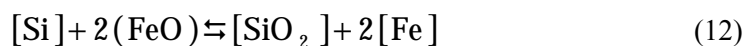
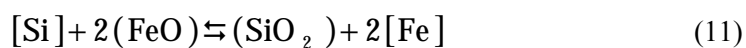
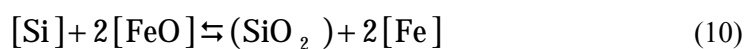
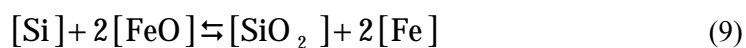
Proporția de siliciu din încărcătură se determină în funcție de pierderile de siliciu prin oxidare și de cantitatea de siliciu ce se regenerează din căptușeala refractară, în principal, dar și din zgură dacă se intervine din exterior prin adaosuri de substanțe ce conțin siliciu, bioxid de siliciu etc.

Raportul dintre oxidarea siliciului și regenerarea siliciului este în funcție de modul de desfășurare al reacțiilor chimice (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) și (8), de exemplu, precum și (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15) și (16).





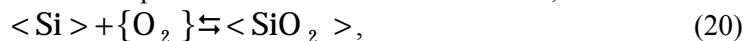
în care Me reprezintă un element chimic din baia metalică ce are afinitatea chimică față de oxigen mai mare decât a siliciului, în cazul reacțiilor chimice (4), (5), (6), (7) și (8) luându-se ca exemplu varianta de Me bivalent;



în care E reprezintă un element chimic ce are afinitatea chimică față de oxigen mai mică decât a siliciului și este considerat, ca exemplu, cu valența doi;



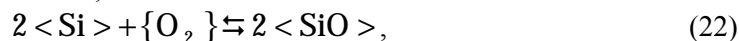
în cazul în care temperatura este mai mare de 1.986 K;



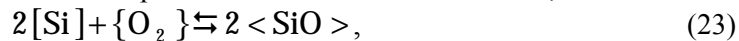
în cazul în care temperatura este mai mică de 1.687 K;



în cazul în care temperatura este cuprinsă în intervalul 1.687...1.986 K;



în cazul în care temperatura este mai mică de 1.687 K;



în cazul în care temperatura este cuprinsă în intervalul 1.687...2.173 K;



în cazul în care temperatura este mai mare de 2.173 K.

În cazul în care temperatura este mai mare de 1.500°C, oxidarea siliciului se realizează conform modalității (25).



Dacă temperatura este mai mică de 1.500°C, oxidarea siliciului se realizează conform modalității (26), [7].



Reacțiile chimice prezentate anterior arată că are importanță și natura chimică a cătușelii refractare deoarece aceasta “dictează

disponibilitatea” de SiO<sub>2</sub> liber, nelegat chimic. În continuare se prezintă câteva particularități ale variației conținutului de siliciu din faza metalică în funcție de natura chimică a căptușelii cuptorului.

#### 2.1.1.1.a.1. **Căptușeala refractară acidă**

Dacă în timpul elaborării siliciul este oxidat, proporția de siliciu din încărcătură –  $\langle \%Si \rangle$  – se calculează cu relația (27).

$$\langle \%Si \rangle = \frac{[\%Si]}{100 \cdot \%a_{Si}} \cdot 100, \quad (27)$$

în care  $[\%Si]$  reprezintă proporția de siliciu din fonta propusă să fie elaborată iar  $\%a_{Si}$  reprezintă proporția de siliciu ce se pierde prin oxidare în timpul elaborării.

Pierderile de siliciu prin ardere sunt, în general, cuprinse în intervalul 0...5%, [8]. De exemplu, dacă arderea siliciului este de 4% și dacă proporția de siliciu din fonta propusă a fi elaborată este de 2,2, proporția de siliciu din încărcătură are valoarea

$$\langle \%Si \rangle = \frac{2,2}{100 - 4} \cdot 100 = 2,29 \quad (28)$$

Pierderile de siliciu prin oxidare depind de următorii factori:

– **oxidarea directă.** Oxidarea directă este dată de oxigenul gazos din atmosfera gazoasă a cuptorului – de deasupra băii metalice sau de deasupra încărcăturii metalice – și de oxigenul dizolvat în baia metalică. În timpul etapei de topire există un contact direct între bucățile de sort metalic și aerul ce conține oxigen, ceea ce generează interacțiuni de tipul (17); (20) și (22). Dacă din motive obiective (de exemplu, defecțiuni de natură mecanică sau electrică) se realizează elaborarea în cuptor fără capacul de protecție, pierderile de siliciu prin oxidare sunt mai mari. Se apreciază că zgura nu este activă din punct de vedere metalurgic, așa încât nu se pune problema unui transfer de



oxigen din atmosfera gazoasă a cuptorului în baia metalică prin intermediul zgurii (zgura are viscozitatea mare). În schimb, se pune problema contactului direct baie metalică-atmosferă gazoasă, ceea ce conduce la dizolvarea de oxigen în baia metalică. Se apreciază că în baia metalică oxigenul se află dizolvat sub formă de FeO. Cu cât durata de contact baie metalică-atmosferă gazoasă este mai mare, cu atât cantitatea de oxigen din baia metalică, sub formă de FeO, este mai mare. Oxidul feros din baia metalică oxidează siliciul din aceasta conform reacțiilor chimice (9) și (10). În cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, brasajul (agitarea electromagnetică a băii metalice) este mare, ceea ce înseamnă că baia metalică, se “descoperă” de zgură și este în contact direct cu atmosfera o perioadă mai mare de timp. Așadar, în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează cu frecvența rețelei, pierderile de siliciu prin oxidare sunt mai mari;

– **oxidarea cu oxidul feros din zgură.** Reacțiile de oxidare a siliciului sunt de tipul (11) și (12). Cu cât activitatea termodinamică a FeO din zgură este mai mare, cu atât reacțiile chimice (11) și (12) se desfășoară mai intens de la stânga spre dreapta. În același timp, se precizează că o activitate termodinamică a FeO mai mare în zgură determină și un transfer mai mare de FeO din zgură în baia metalică, adică se intensifică de la stânga spre dreapta și reacțiile chimice (9) și (10). Cu cât zgura are aciditatea mai mică, cu atât activitatea termodinamică a FeO din zgură este mai mare, adică, important fiind ca o cantitate mai mare de FeO să fie liberă, adică nelegată chimic. Într-o zgură acidă proporția de FeO alături de cea de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, variază în intervalul 5...30%, [8]. În cazul cuptoarelor prevăzute cu capac de protecție căptușit cu material refractar, se consideră că activitatea FeO din zgură este mică iar pierderile de siliciu prin oxidare cu FeO din zgură sunt mici. Dacă agregatul de elaborare este prevăzut cu plasmatron (plasmatronul poate fi alimentat din punct de vedere electric de la aceeași sursă electrică cu inductorul), temperatura zgurii crește considerabil ceea ce înseamnă că va crește și activitatea

termodinamică a FeO din zgură (crește coeficientul de activitate termodinamică al FeO din zgură). Activitatea termodinamică a FeO din zgură este cu atât mai mare cu cât și cantitatea de FeO din zgură este mai mare. Dacă nu se intervine cu adaosuri reducătoare în încărcătură, cantitatea de FeO din zgură depinde de suprafața specifică a bucăților de sort metalic din încărcătură, în tabelul 1 prezentându-se influența suprafeței specifice a bucăților de sort metalic din încărcătură asupra proporției de FeO din zgură și asupra arderilor totale (ale tuturor elementelor chimice din compoziția chimică). Cantitatea de FeO din zgură depinde și de gradul de oxidare al încărcăturii metalice, respectiv cu cât gradul de oxidare este mare, cu atât mai mari fiind pierderile de Si, dar și de C și Mn, așa cum se observă din tabelul 2;

Tabelul 1

**Influența suprafeței specifice a bucăților de sort metalic din încărcătură asupra cantității de FeO din zgură și arderilor totale.**

Structura încărcăturii metalice	Suprafața specifică a bucăților de sort metalic, în mm <sup>2</sup> /g	Cantitatea de FeO din zgură, în %	Arderile totale, în %
Bucăți de cilindri de laminor	1,75...1,82	3,0...4,5	0,7...1,1
Table de oțel	23...32	5,0...6,8	1,8...3,2
Laminate de oțel carbon	52...84	5,4...13,9	2,0...5,5
Șpan	140...162	16,0...24,8	5,0...8,9
Pachete de tablă de oțel	265...280	24,0...36,0	8,8...12,0

– **conținutul de siliciu din încărcătură.** Cu cât conținutul de siliciu din încărcătură este mai mare, cu atât sunt mai mari

pierderile de siliciu, prin oxidare. De exemplu, [8], pentru o fontă dată, se prezintă în tabelul 3 pierderile de siliciu prin oxidare în cazul a trei valori ale proporției de siliciu din încărcătură, pentru temperatura băii metalice de 1.300°C;

– **durata de topire**. Cu cât durata de topire este mai mare, cu atât pierderile de siliciu prin oxidare sunt mai mari. Pentru ca durata de topire să fie mică trebuie ca agregatul de elaborare să se încarce o dată, conducerea elaborării din punct de vedere electric să se facă în mod corespunzător, grosimea căptușelii refractare să nu fie mică (uzura acesteia să nu fie avansată), ceea ce ar mări pierderile de căldură, dar nici să nu fie prea mare deoarece randamentul termic al cuptorului scade (scade intensitatea câmpului electromagnetic indus în încărcătura metalică solidă sau lichidă);

Tabelul 2

**Influența gradului de oxidare al încărcăturii metalice asupra pierderilor prin oxidare de siliciu, carbon și mangan.**

Gradul de oxidare pentru o încărcătură metalică cu până la 60% șpan	Pierderi prin oxidare, în %		
	C	Si	Mn
Neoxidată	10,7	8,2	6,3
Oxidată	23,0	21,5	18,0

Tabelul 3

**Arderea siliciului în funcție de proporția de siliciu din încărcătură, la temperatura băii metalice de 1.300°C, pentru o fontă dată.**

<%Si>	0,7	1,5	2,3
Arderea siliciului, în %	3,80	4,15	4,40

– **temperatura de menținere în stare lichidă**. Temperatura de menținere în stare lichidă a fontei trebuie să se raporteze la

temperatura de echilibru a reacțiilor chimice (1), (4) și (5), în principal. Pentru reacția chimică (1) se poate lua ca temperatură de echilibru orientativă valoarea de 1.450°C în cazul fontelor cenușii obișnuite, nealiate.

Pentru reacția chimică (1) constanta de echilibru are valoarea următoare:

$$K_{(1)} = \frac{f_{[Si]} \cdot [\%Si] \cdot p_{\{CO\}}^2}{f_{[SiO_2]} \cdot [\%SiO_2] \cdot f_{[C]}^2 \cdot [\%C]^2}, \quad (29)$$

în care  $K_{(1)}$  este constanta de echilibru;  $f_{[Si]}$  – coeficientul de activitate termodinamică al siliciului din baia metalică;  $p_{\{CO\}}$  – presiunea parțială a CO la echilibru;  $f_{[SiO_2]}$  – coeficientul de activitate termodinamică al SiO<sub>2</sub> din baia metalică;  $f_{[C]}$  – coeficientul de activitate termodinamică al C din baia metalică;  $[\%Si]$  – concentrația de Si din baia metalică;  $[\%SiO_2]$  – concentrația de SiO<sub>2</sub> din baia metalică;  $[\%C]$  – concentrația de C din baia metalică.

În același timp, constanta de echilibru depinde de temperatură conform relației (30).

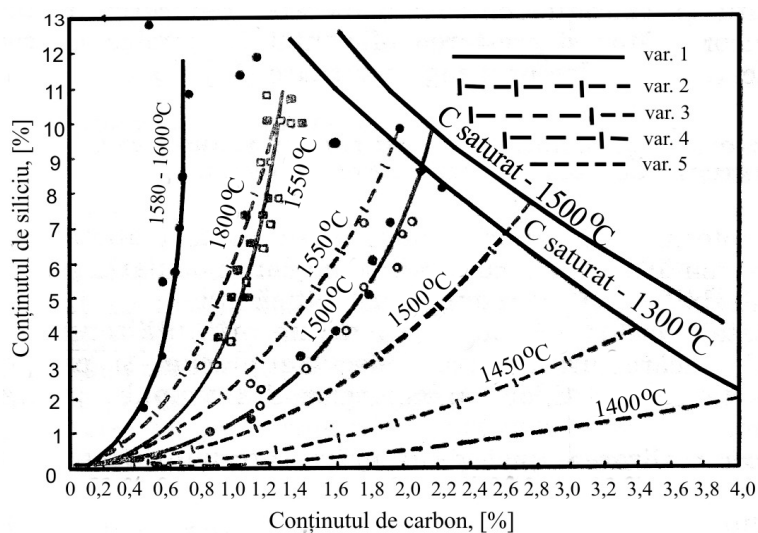
$$\lg K_{(1)} = -\frac{\Delta H_{(1)}^0}{4,576 T} + \frac{\Delta S_{(1)}^0}{4,576}, \quad (30)$$

în care  $\Delta H_{(1)}^0$  este variația de entalpie a reacției chimice (1), în cal/mol;  $\Delta S_{(1)}^0$  – variația de entropie a reacției chimice (1), în cal/mol; T – temperatura, în K.

Sursa bibliografică [9] indică pentru relația (31), rezultată ca o explicitare dintre relațiile (29) și (30), relația (32) care este reprezentată grafic în figura 2, grafic ce permite aflarea temperaturii

de echilibru pentru o gamă largă de concentrații de carbon și siliciu din baia metalică, evident, pentru reacția chimică (1) (reprezentarea grafică este realizată în cinci variante – după cinci autori).

$$\lg \frac{[\%Si]}{[\%C]^2} = \frac{\Delta S_{(1)}^0}{4,576} - \frac{\Delta H_{(1)}^0}{4,567T} - \lg \frac{f_{[Si]} \cdot P_{\{Co\}}^2}{f_{[SiO_2]} \cdot [\%SiO_2] \cdot f_{[C]}^2} \quad (31)$$



**Fig. 2. Temperaturi de echilibru pentru reacția chimică  $[SiO_2] + 2[C] \rightleftharpoons [Si] + 2\{CO\}$ , conform mai multor autori (var.1 ... var. 5 reprezintă variante corespunzătoare la cinci autori).**

$$\lg \frac{[\%Si]}{[\%C]^2} = -\frac{27.486}{T} + 1.547 \quad (32)$$

Dacă temperatura de menținere a fontei în stare lichidă este mai mică decât temperatura de echilibru a reacției chimice (1), reacția chimică (1) se desfășoară de la dreapta spre stânga, adică există condiții de oxidare a siliciului – există pierderi de siliciu din baia metalică.

Dacă temperatura de menținere a fontei în stare lichidă este mai mare decât temperatura de echilibru a reacției chimice (1), reacția chimică (1) se desfășoară de la stânga spre dreapta, adică proporția de siliciu din baia metalică se mărește – siliciul se regenerează.

Regenerarea siliciului în baia metalică poate avea loc și ca urmare a desfășurării reacțiilor chimice (2), (3), (4), (5), (6), (7) și (8), de la stânga spre dreapta, aceste reacții chimice desfășurându-se de la stânga spre dreapta numai dacă temperatura băii metalice este mai mare decât temperatura de echilibru a respectivelor reacții chimice.

– **timpul de menținere a fontei în stare lichidă.** Timpul de menținere este strict legat de temperatura băii metalice. Cu cât timpul de menținere în stare lichidă este mai mare, cu atât mai mari vor fi pierderile de siliciu prin oxidare dacă temperatura de menținere în stare lichidă este mai mică decât temperatura de echilibru a reacțiilor chimice de tipul (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) și (8). Cu cât timpul de menținere în stare lichidă este mai mare, cu atât mai mare va fi cantitatea de siliciu ce se regenerează din baie metalică, zgură și căptușeală refractară (din  $\text{SiO}_2$ ) dacă temperatura de menținere în stare lichidă este mai mare decât temperatura de echilibru a reacțiilor chimice menționate anterior. Așadar, într-un proces de elaborare a fontei, în atmosferă normală, în cazul în care temperatura fazei metalice este mai mică decât temperatura de echilibru a reacțiilor chimice (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) și (8) există pierderi de siliciu din faza metalică prin oxidare. Din momentul în care temperatura băii metalice este mai mare decât temperatura de echilibru a reacțiilor chimice menționate anterior încep să se desfășoare procesele chimice de reducere a  $\text{SiO}_2$  din zgură, căptușeală refractară și baie metalică, așa încât, în funcție de timpul de menținere a fontei în stare lichidă la

temperaturi mai mari decât cea de echilibru a aceluiași reacții chimice menționate anterior, valoarea raportului dintre cantitatea de siliciu oxidat și cantitatea de siliciu regenerat, variază. Așa este posibil ca proporția de siliciu regenerat în baia metalică să fie mai mare decât proporția de siliciu din baia metalică ce s-a oxidat. La durate de menținere a fontei în stare lichidă mari, la temperaturi mai mari decât cele de echilibru, procesele de regenerare a siliciului în baia metalică pot determina creșterea conținutului de siliciu din baia metalică cu până la 8%. Variația conținutului de siliciu din baia metalică, în funcție de timpul de menținere la trei temperaturi (1.350°C, 1.450°C și 1.630°C) este prezentată în figura 3 (pentru o fontă dată).

Proporția de siliciu care arde în timpul elaborării se poate determina și cu relația (33).

$$\%a_{Si} = \%a_{Si, T < 1.350} + \tau \cdot \%a_{Si, 1.350 < T < 1.550} \quad (33)$$

în care  $\%a_{Si, T < 1.350}$  reprezintă proporția de siliciu care arde în timpul topirii și în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă până la temperatura de 1.350°C;  $\tau$  – timpul de menținere în stare lichidă a fontei în intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C, în h;  $\%a_{Si, 1.350 < T < 1.550}$  – proporția de siliciu care se oxidează în timpul menținerii fontei în stare lichidă în unitatea de timp (într-o), în intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C.

Pentru cinci temperaturi de menținere a fontei în stare lichidă se prezintă pierderile, respectiv regenerările, de siliciu, în timpul menținerii fontei în stare lichidă o oră, alături de elementele chimice C, Mn și Cr, în timpul elaborării, în tabelul 4 (valorile pentru temperaturi mai mici de 1.350°C și pentru intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C), conform relației (33).

Calculul analitic al încălzirii metalice

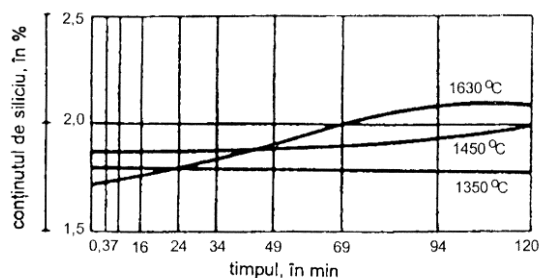


Fig. 3. Variația conținutului de siliciu din baia metalică în funcție de timpul de menținere în stare lichidă, pentru trei temperaturi de menținere – 1.350<sup>0</sup>C, 1.450<sup>0</sup>C și 1.630<sup>0</sup>C.

Tabelul 4

Pierderile, respectiv regenerările, de Si, C, Mn și Cr – proporțiile – la temperaturi mai mici de 1.350<sup>0</sup>C și la temperaturi cuprinse în intervalul 1.350...1.550<sup>0</sup>C.

Temperatura de supraîncălzire, în <sup>0</sup> C	Denumirea elementului chimic							
	C		Si		Mn		Cr	
	%a* <sub>C, T&lt;1.350</sub>	%a* <sub>C, 1.350&lt;T&lt;1.550</sub>	%a* <sub>Si, T&lt;1.350</sub>	%a* <sub>Si, 1.350&lt;T&lt;1.550</sub>	%a* <sub>Mn, T&lt;1.350</sub>	%a* <sub>Mn, 1.350&lt;T&lt;1.550</sub>	%a* <sub>Cr, T&lt;1.350</sub>	%a* <sub>Cr, 1.350&lt;T&lt;1.550</sub>
1.350	4,3	0,15	4,1	0	1,4	0,58	4,1	1,21
1.400	4,3	0,73	4,1	0	1,4	0,61	4,4	1,27
1.450	4,6	2,25	4,1	-0,39	1,4	0,61	4,4	1,48
1.500	4,9	5,00	4,6	-1,52	1,4	1,35	4,4	2,57
1.550	5,4	8,00	4,8	-3,77	1,4	1,82	4,4	2,82

\* – proporțiile ce se pierd prin oxidare, prin echivalență cu siliciul, pentru C, Mn și Cr.

De exemplu, dacă fonta este supraîncălzită la temperatura de 1.450<sup>0</sup>C iar durata de menținere la această temperatură este de 1,25



ore (în timpul menținerii s-au efectuat corectarea carbonului cu granule de grafit, corectarea siliciului cu FeSi45, corectarea manganului cu feromangan, adăugarea de deșeuri proprii și evacuarea zgurii, cuptorul având capacitatea de 12 tone, [10]), proporția de siliciu care a ars, conform relației (33) a fost următoarea (34) – utilizând date din tabelul 4:

$$\%a_{Si} = 4,10 + 1,25 \cdot (-0,39) = 3,61 \quad (34)$$

Așadar, 3,61% sunt pierderile de siliciu prin oxidare. Dacă proporția de siliciu din încărcătură a fost de 2,1, atunci pierderile de siliciu prin oxidare, exprimate în kg/100 kg încărcătură metalică, au fost de  $2,1 \cdot \frac{3,61}{100} = 0,08$  kg/100 kg înc.met., ceea ce pentru un cuptor cu capacitatea de 12 t ar însemna o pierdere de siliciu de  $12.000 \text{ kg} \cdot 0,08/100 = 9,6$  kg siliciu.

Dacă, de exemplu, fosta este supraîncălzită în stare lichidă la temperatura de  $1.550^{\circ}\text{C}$  și menținută la această temperatură două ore, aplicarea relației (33) indică următoarea valoare:

$$\%a_{Si} = 4,8 + 2 \cdot (-3,77) = -2,74 \quad (35)$$

Prin urmare, conform relației (35), există regenerare de siliciu. În acest caz, proporția de siliciu din încărcătură –  $\langle \%Si \rangle$  – se calculează, de asemenea, cu relația (27), proporția de siliciu care se regenerează figurând în această relație cu valoarea minus. Concret, aplicând relația (27), în cazul exemplului (28), rezultă

$$\langle \%Si \rangle = \frac{2,2}{100 - (-2,74)} \cdot 100 = 2,14 \quad (36)$$

Cuptoarele ce se utilizează în mod current la scară industrială funcționează la frecvența rețelei – 50 Hz (în Europa). Randamentul termic al acestor cuptoare este cu atât mai mare cu cât este mai mare cantitatea de fontă lichidă rămasă în cuptor de la elaborarea precedentă. Așadar, încărcarea sorturilor metalice se realizează într-o baie metalică numită baie metalică remanentă sau fontă lichidă remanentă (în jargon industrial “călcâi”). Cantitatea de fontă remanentă este în funcție de coeficientul de utilizare a puterii – notat de regulă, cu K – și de capacitatea cuptorului. În figura 4 se prezintă variația coeficientului de utilizare a puterii – a puterii absorbite de cuptor – cu cantitatea de fontă remanentă și capacitatea cuptorului, [10]. Din figura 4 rezultă că din punct de vedere al utilizării eficiente a energiei electrice, cantitatea optimă a fontei remanente din cuptor este de 70% din capacitatea acestuia. Această situație nu este admisă de practică din cauza necesarului mare de fontă lichidă, apelându-se la valori de 30...40% din capacitatea cuptorului sau la valoarea de referință de 1/3 din capacitatea cuptorului. În cazul calculului încărcăturii cuptoarelor ce funcționează la frecvența rețelei intervin noțiuni noi față de cuptoarele la care frecvența curentului electric este medie sau înaltă. Așa apare noțiunea de proporția de siliciu total din încărcătură –  $\langle \%Si_{total} \rangle$  – ce se determină cu relația (37).

$$\langle \%Si_{total} \rangle = \%FR \frac{\langle \%Si_{rem} \rangle}{100} + (100 - \%FR) \frac{\langle \%Si_{ad} \rangle}{100}, \quad (37)$$

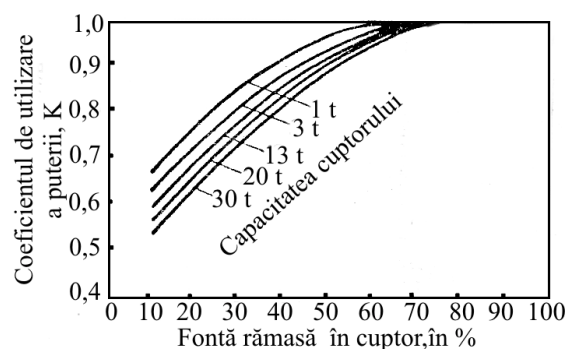
în care  $\langle \%Si_{rem} \rangle$  reprezintă proporția de siliciu din baia remanentă,  $\langle \%Si_{ad} \rangle$  reprezintă proporția de siliciu din încărcătura adăugată în cuptor iar  $\%FR$  reprezintă proporția de fontă remanentă din cuptor.

Proporția de siliciu total din încărcătură se determină cu relația (38).

$$\langle \%Si_{total} \rangle = \frac{[\%Si]}{100 - \%a_{Si}^*} \cdot 100, \quad (38)$$

simbolurile literare păstrându-și semnificațiile anterioare,

$\%a_{Si}^*$  calculându-se relativ cu formula (39).



**Fig.4. Variația coeficientului de utilizare a puterii (K) cu cantitatea de fontă remanentă și capacitatea cuptorului.**

$$\% a_{Si}^* = \left( \frac{100 - \% FR}{100} \right) \cdot \% a_{Si, T < 1.350} + \tau' \cdot \% a_{Si, 1.350 < T < 1.550} \quad (39)$$

în care  $\tau'$  reprezintă timpul de menținere în stare lichidă a fontei în intervalul de temperaturi 1.350 .. 1.550°C, în h.

De exemplu, dacă  $\tau' = 2h$ , temperatura de menținere este de 1.450°C și  $\%FR = 30$ ,  $\% a_{Si}^*$  are valoarea dată de relația (40).

$$\% a_{Si}^* = \left( \frac{100 - 30}{100} \right) 4,1 + 1 \cdot (-0,39) = 2,48 \quad (40)$$

În relația (40) s-au folosit date ale arderilor din tabelul 4.

Formula (39) este relativă deoarece se ia în considerație că încălzirea metalică ce se introduce în baia metalică remanentă din cuptor se încălzește de la temperatura mediului ambiant la temperatura de supraîncălzire în stare lichidă a fontei iar baia metalică remanentă din cuptor se încălzește de la temperatura inițială corespunzătoare momentului introducerii încălzirii metalice în ea, la temperatura de supraîncălzire în stare lichidă a fontei. Realitatea este, însă, alta,

intervenind temperatura de preîncălzire a încălzirii metalice ce se introduce în baia metalică remanentă, o temperatură a băii metalice remanente mai mică decât  $1.350^{\circ}\text{C}$ , o creștere a temperaturii încălzirii metalice care se introduce în baia metalică remanentă, în momentele imediate după introducerea în cuptor, sub influența contactului direct cu baia metalică remanentă – prin conducție – etc.

Proporția de siliciu din încălzirea adăugată în cuptor se determină cu relația (41) rezultă din relația (37).

$$\langle \%Si_{ad.} \rangle = \frac{\langle \%Si_{total} \rangle - \%FR \frac{\langle \%Si_{rem} \rangle}{100}}{100 - \%FR} \cdot 100 \quad (41)$$

Așadar, încălzirea metalică ce se introduce în cuptor trebuie să conțină o proporție de siliciu de  $\langle \%Si_{ad} \rangle$ .

În cuptoarele ce funcționează la frecvența rețelei nu este posibilă elaborarea de fontă sintetică în adevăratul sens al definiției acesteia deoarece încălzirea este formată din două componente, respectiv fonta remanentă și deșeurile de oțel. Așadar, în asemenea cuptoare, se elaborează fontă semisintetică, ce se obține din procesarea unei încălziri de oțel, și fontă normală, ce se obține prin procesarea unei încălziri metalice formată, de exemplu, din fontă lichidă remanentă, deșeurile de oțel și fontă brută (de primă fuziune).

Se apreciază că fonta lichidă remanentă reprezintă deșeurile de fontă, așa încât, cu statutul de recomandare, fontă semisintetică se recomandă să fie obținută prin procesarea unei încălziri formată din 30...40% fontă lichidă remanentă și 60...70% deșeurile de oțel.

Paragraful 2.1.1.1.a, respectiv calculul analitic al încălzirii metalice formată dintr-un sort metalic, se referă la asigurarea proporției de siliciu din încălzirea adăugată în cuptor.

Sortul metalic ce se introduce în baia de fontă remanentă poate fi deșeurile de oțel, fontă brută, fontă veche, deșeurile proprii și burete de fier (ca atare, sub formă de pelete și brichete).

Dacă fonta lichidă remanentă are proporția de 30% din capacitatea cuptorului, proporția de siliciu din încărcătură adăugată în cuptor, dedusă din relația (41), are valoarea (42).

$$\langle \%Si_{ad.} \rangle = \frac{\langle \%Si_{total} \rangle - 0,3 \langle \%Si_{rem} \rangle}{0,7} \quad (42)$$

De exemplu, dacă fonta remanentă are conținutul de siliciu de 2,2%, proporția de siliciu total din încărcătură este de 2,14 iar proporția de fontă lichidă remanentă din cuptor este de 30, proporția de siliciu din încărcătura adăugată în cuptor are valoarea (43) – s-a aplicat relația (41).

$$\langle \%Si_{ad.} \rangle = \frac{2,14 - 30 \cdot \frac{2,2}{100}}{100 - 30} \cdot 100 = 2,11 \quad (43)$$

De regulă, toți beneficiarii, în cazul în care impun pentru piesele turnate din fontă o compoziție chimică, solicită ca elementele chimice din aceasta să se situeze în intervale de valori în ceea ce privește conținutul sau trebuind să nu depășească o limită maximă (după caz, să depășească o limită minimă), de asemenea, în ceea ce privește conținutul. Pentru conducerea calculului analitic al încărcăturii metalice, se calculează media aritmetică a limitelor de concentrație între care trebuie să se situeze un element chimic, De exemplu, standardul român SR 13169 recomandă pentru fonta cu grafit nodular, cu structură bainitică, un conținut de siliciu de 2,2...2,6%, cu abateri limită de  $\pm 0,2\%$ . În acest caz, proporția de siliciu din fonta propusă să fie elaborată – [%Si] – are valoarea  $\frac{2,2+2,6}{2} = 2,4 \pm 0,2 = 2,2...2,6$ , adică orice valoare în intervalul 2,2...2,6.

Chiar dacă nu toate standardele impun o compoziție chimică

pentru o marcă de fontă, producătorul de fontă dispune de o corelație între compoziția chimică și proprietățile fontei propusă a fi elaborată, așa încât se poate conduce un calcul analitic de încărcătură (în general, pentru un producător intervine experiența ce impune cunoașterea corelației compoziției chimică-proprietăți).

Alegerea sortului metalic din încărcătură se face ținând cont de proporția de siliciu din încărcătura adăugată în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei și de proporția de siliciu din încărcătură în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie și mare –  $\langle \%Si_{ad} \rangle$ , respectiv  $\langle \%Si \rangle$ .

Sortul metalic se alege în așa fel încât proporția de siliciu din încărcătura adăugată (cazul cuptoarelor ce funcționează la frecvența rețelei) sau proporția de siliciu din încărcătură (cazul cuptoarelor ce funcționează la frecvență medie sau mare) să se încadreze între limitele minimă și maximă ale conținutului de siliciu al sortului metalic sau, după caz, în condițiile cantitative impuse de sortul metalic. De exemplu, dacă respectiv cantitatea de siliciu din încărcătura adăugată este de 2,11%, se va alege din tabelul 5 marca de fontă brută Pig - P<sub>3</sub>Si ce conține 1,5...3,5% Si (fonta brută cu numărul de ordine 23).

Realitatea este, însă, mai complexă. Producătorul de fontă trebuie să asigure pe lângă caracteristicile fizico-mecanice impuse de utilizator și stipulate în clauzele contractuale și un cost de producție minim. Prin urmare, are importanță semnificativă compoziția chimică a încărcăturii metalice deoarece aceasta dictează și modul de procesare a băii metalice, respectiv, alierea, desulfurarea, defosforarea, diluarea, dezoxidarea, fierberea etc, adică dictează costul de producere a fontei. Iată de ce alegerea unui sort metalic din încărcătură nu trebuie să aibă în vedere doar conținutul de siliciu ci și celelalte elemente chimice, fiind de dorit ca și acestea să îndeplinească aceeași condiție ca și siliciul, respectiv proporțiile de elemente chimice din încărcătura adăugată și din încărcătură să se încadreze între limitele minimă și maximă ale concentrațiilor respectivelor elemente chimice din sortul

vizat să fie ales (sau să se apropie cât mai mult de respectivele limite), respectiv să subscrie condițiilor de maximum sau minimum pentru concentrații, impuse de unele elemente chimice din același sort metalic vizat.

**a. Fonta brută**

Tabelul 5 prezintă compoziții chimice pentru unele fonte brute, dar și unele recomandări de utilizare ale acestora, firma producătoare, țara producătoare etc. Se menționează că datele din tabelul 5 sunt caracteristice anului 2006, ca de alt fel și datele referitoare la alte materiale metalice sau nemetalice – acolo unde datele respective sunt mai vechi se specifică sursa bibliografică disponibilă (s-a considerat că datele luate de pe internet sunt de actualitate dacă se face referință la anul publicării monografiei). Tabelul 5 se referă la fonte brute de turnătorie, fonte brute de afinare, fonte brute aliate și fonte brute de înaltă puritate.

Fontele brute se utilizează în încărcătură în stările de agregare solidă, lichidă și combinată (solidă+lichidă). În stare solidă, fonta brută poate avea aspect de bloc denumit și calup și granule.

Fontele brute conform SR EN 10.001, reprezintă un aliaj de fier și carbon cu un conținut de carbon mai mare de 2% și cu următoarele restricții pentru conținuturile altor elemente chimice:  $Mn \leq 30\%$ ;  $Si \leq 8\%$ ;  $P \leq 3\%$ ;  $Cr \leq 10\%$ ; alte elemente chimice de aliere, în total,  $\leq 10\%$ , cu mențiunea recomandării ca  $\%Mo > 0,1\%$ ,  $\%Ni > 0,3\%$ ,  $\%Ti > 0,2\%$ ;  $\%V > 0,1\%$ ;  $\%W > 0,1\%$  etc.

La modul general, fonta brută poate fi clasificată în fontă brută de turnătorie, fontă brută de afinare, fontă brută aliată și fontă brută de mare puritate numită convențional și fontă de înaltă puritate (codificate FIP).

Tabelul 5

Nr. crt.	Marca, producător, recomandare pentru destinație, caracteristici	Compoziția chimică, în %						
		C	Si	Mn	P, max.	S, max.	Alte elemente chimice	
0	1	2	3	4	5	6	7	
1	Calitatea 1, Pakistan, pentru f.g.n.*	2,8...3,0	max.0,2	0,0	0,4	0,02	0,01 Ti	
2	Calitatea 2, Pakistan, pentru f.g.n.	3,7...4,2	0,5...1,0	0,05	0,04	0,02	0,01 Ti	
3	Calitatea 1, India sau Ucraina	3,5...4,0	1,6...1,8	0,3...0,4	0,04	0,03	–	
4	Z34, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,4	3,2...3,6	max.0,5	0,6	0,03	–	
				0,5...0,9	0,06...0,10	0,04		
				0,9...1,3	0,10...0,20	0,05		
					0,20...0,40			
				0,40...0,90				



Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
				max.0,5 0,5...0,9	0,6 0,06...0,10	0,03 0,04	
5	Z30, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,4	2,8...3,2	0,9...1,3	0,10...0,20 0,20...0,40 0,40...0,90	0,05	
				max.0,5 0,5...0,9	0,6 0,06...0,10	0,03 0,04	
6	Z26, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,4	2,4...2,8	0,9...1,3	0,10...0,20 0,20...0,40 0,40...0,90	0,05	–
				max.0,5 0,5...0,9	0,6 0,06...0,10	0,03 0,04	
7	Z22, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,4	2,0...2,4	0,9...1,3	0,10...0,20 0,20...0,40 0,40...0,90	0,05	–
				max.0,5 0,5...0,9	0,6 0,06...0,10	0,03 0,04	
8	Z18, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,4	1,6...2,0	0,9...1,3	0,10...0,20 0,20...0,40 0,40...0,90	0,05	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
9	Z14, S.U.A., Fontă brută de turnătorie pentru industria de automobile, piese de precizie etc.	min.3,41,25...1,60		max.0,5 0,5...0,9 0,9...1,3	0,6 0,06...0,10 0,10...0,20 0,20...0,40 0,40...0,90	0,04 0,04 0,06	–
10	Fontă brută sintetică, U.C.M. Reșița	3,15	0,47	0,14	0,017	0,040	0,09 Cu; 0,05 Cr
11	Fontă brută sintetică, U.C.M. Reșița. [1]	3,48	0,53	0,18	0,018	0,040	0,05 Cu; 0,07 Cr
12	Fontă brută sintetică, U.C.M. Reșița. [1]	3,15	0,47	0,14	0,017	0,040	0,09 Cu; 0,05 Cr
13	Sorelmetal, Canada, pentru F.g.n. feritic cu grosimea pereților de 12 mm	4,3	0,18	0,01	0,02	0,013	–
14	Sorelmetal, Canada, [2]	4,20... 4,33	0,15	0,005... 0,025	0,013...0,03	0,006	0,025 Ti, 0,08 Ni, max 0,01 Al, Cr, V, Cu, Mo
15	Sorelmetal, Canada, [2], pentru F.g.n., [3]	4,20... 4,33	1,00	0,005... 0,025	0,013... 0,03	0,006	max.0,1Ti,Ni, Al, Cr, V, Cu, Mo
16	Sorelmetal, Canada, [2], pentru F.g.n., [3]	4,20... 4,33	max.0,4	max.0,030	0,030	0,010	max.0,1Ti,Ni, Al, Cr, V, Cu, Mo

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
17	Sorelmetal,Canada, [2], pentru F.g.n., [3]	4,20... 4,33	0,15	max.0,030	0,030	0,010	max.0,1Ti,Ni, Al,Cr,V,Cu,Mo
18	Sorelmetal,Canada, [2], pentru F.g.n., [3]	4,20... 4,33	0,75...1,35	max.0,030	0,030	0,010	max.0,1Ti,Ni, Al,Cr,V,Cu,Mo
19	Sorelmetal,Canada, [2], pentru F.g.n., [3]	4,20... 4,33	1,05	max.0,030	0,030	0,010	max.0,1Ti,Ni, Al,Cr,Cu,Mo
20	cod 1.1, România, SR EN 10.001.Cu conținut mic de fosfor. Fontă de afinare.Simbol Pig-P2	3,3...4,8	max.1	0,5...1,5	0,25	0,06	–
21	cod 1.2. Fontă de afinare. Cu conținut mare de fosfor. Simbol Pig-P20. România SR EN 10.001	3,0...4,5	max.1	max.1,5	1,5...2,5	0,08	–
22	cod 2.1. Fontă de turnătorie. Simbol Pig-P1Si. România SR EN 10.001	3,3...4,5	1,5...3,5	0,4...1,5	0,12	0,06	–
23	cod 2.2. România SR EN 10.001. Simbol Pig-P3Si. Fontă de turnătorie.	3,3...4,5	1,5...3,5	0,4...1,5	min. 0,12... 0,5	0,06	–
24	cod 2.3.România.SR EN 10.001. Fontă de turnătorie.Simbol Pig-P6Si.	3,3...4,5	1,5...3,5	0,4...1,5	min. 0,5...0,7	0,06	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
25	cod 2.4. România SR EN 10.001. Fontă de turnătorie. Simbol Pig-P1 2Si.	3,3...4,5	1,5...3,5	0,4...1,5	min. 1,0...1,4	0,06	—
26	cod 2.5. România SR EN 10.001. Fontă de turnătorie. Simbol Pig-P1 7Si.	3,3...4,5	1,3...3,5	0,4...1,5	min. 1,4...2,0	0,06	—
27	cod 3.1. România SR EN 10.001. Fontă de turnătorie. Simbol Pig-Nod. Fontă brută cu grafit nodular.	3,5...4,6	max.3	max.0,1	0,08	0,03	—
28	cod 3.2. România SR EN 10.001. Fontă de turnătorie cu grafit nodular și conținut de mangan mare. Simbol Pig-Nod Mn. Fontă brută.	3,5...4,6	max.4	min 0,1...0,4 **	0,08	0,03	—
29	cod 3.3. România SR EN 10.001. Fontă de turnătorie cu conținut de carbon mic. Simbol Pig-LC. Fontă brută.	min.2,0...3,5	max.3	min. 0,4...1,5	0,3	0,06	—
30	cod 5.1. România SR EN 10.001. Fontă Spiegel. Simbol Pig-Mn. Fontă brută aliată.	4,0...6,5	max.1,5	min.6,0...30,0	0,20	0,05	—
31	Kugra Z. Germania (produsă de Aug. Thyssen). Destinația recomandată – fontă cu grafit nodular.	3,8...4,3	0,10...0,25	0,02...0,08	0,04	0,01	—
32	SPH. Germania (produsă de Metall).	3,8...4,3	0,05...2,5	0,02...0,08	0,04	0,003...0,020	—

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
	Destinația – fontă cu grafit nodular (recomandare).						
33	W.C.I. Australia. Destinație recomandată – fontă cu grafit nodular.	2,4...4,2	max.0,05	max.0,1	urme	urme	–
34	O.B. Norvegia (produsă de Bremenger). Destinație recomandată–fontă cu grafit nodular.	3,8...4,2	0,05...0,25	max.0,05	0,05	0,025	–
35	Sorelmetal. Comandă F1. Destinația recomandată – fontă cu grafit nodular	2,4...4,3	0,18	0,009	0,027	0,006	–
36	FIP-Mn-1.SR 12.592. Destinație recomandată – f.g.n. perlitică și fontă maleabilă.Clasa de calitate 1Mn, 1P și 1S	3,0...4,5	max.0,20	max.0,20	0,03	0,015	–
37	FIP-Mn-2.SR 12.592. Destinație recomandată – f.g.n. perlitică și fontă maleabilă.Clasa de calitate 1Mn, 1P și 1S	3,0...4,5	0,21...0,50	max.0,20	0,03	0,015	–
38	FIP-Mn-3.SR 12.592. Destinație recomandată– f.g.n.perlitică și fontă maleabilă.Clasa de calitate 1Mn, 1P și 1S	3,0...4,5	0,51...0,90	max.20	0,03	0,015	–
39	FIP-Mn-4.SR 12.592. Destinație recomandată– f.g.n. perlitică și fontă maleabilă.Clasa de calitate 3Mn, 1P și 1S	3,0...4,5	0,91...1,80	0,3...0,4	0,05	0,015	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
40	FIP 1. SR 12.592. Destinația recomandată – f.g.n. feritică. Clasa de calitate 1P și 1S	3,0...4,5	max 0,20	0,1	0,03	0,015	–
41	FIP 2. SR 12.592. Destinația recomandată – f.g.n. feritică. Clasa de calitate 1P și 1S	3,0...4,5	0,21... 0,50	0,1	0,03	0,015	–
42	FIP 3. SR 12.592. Destinația recomandată – f.g.n. feritică. Clasa de calitate 1P și 1S	3,0...4,5	0,51... 0,90	0,1	0,03	0,015	–
43	FIP 4. SR 12.592. Destinația recomandată – f.g.n. feritică. Clasa de calitate 2P și 3S	3,0...4,5	0,91... 1,80	0,1	0,05	0,025	–
44	Sorelmetal S.100 Canada. Destinație recomandată – f.g.n., [5]	2,40...4,06	1,05	0,009	0,027	0,007	–
45	FS. Fontă brută aliată cu siliciu	1,6...2,5	8,0...13,0	0,4...0,7	0,16	0,02... 0,04	–
46	FSOg. Fontă brută aliată cu siliciu și mangan	2,5...3,5	3,0...3,5	4...5	0,12	0,04	–
47	FSOg. Fontă brută aliată cu siliciu și mangan	1,6...2,5	9...13	18...24	0,40	0,04	–
48	Ni-hard. Fontă brută aliată cu nichel și crom. Destinație – piese rezistente la abraziune (nu se prelucrează mecanic)	3,3...3,6	0,5...0,7	0,6...0,8	0,35	0,12	4,4...4,6% Ni; 2,2...2,5% Cr

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 5–continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
49	Fontă brută aliată cu nichel, cupru și crom	circa 2,9	circa 2,8	circa 2	0,2	0,02	14%Ni;6%Cu;2%Cr
50	Kugra Z (societatea Aug.Thyssen Germania). Fontă de mare puritate	3,8...4,3	0,1...2,5	0,02...0,08	0,04	0,01	–
51	SPH (societatea Metall, Germania) fontă de mare puritate	3,8...4,3	0,05...2,5	0,02...0,08	0,04	0,003...0,020	–
52	W.C.I. (Australia). Fontă de înaltă puritate	2,4...4,2	max.0,05	max.0,1	urme	urme	–

\* – f.g.n. = fontă cu grafit nodular

\*\*– minimumul unui interval de valori este conform SR EN 10.001

**Fonta brută de turnătorie** se fabrică în variantele obținute în furnal ce funcționează cu cocs metalurgic, obținute în furnal ce funcționează cu mangal și fonte brute sintetice obținute în cuptoare electrice cu încălzire prin arc electric prin procesarea deșeurilor de oțel etc.

Fontele brute de turnătorie **obținute în furnal ce funcționează cu cocs metalurgic**, sunt, de regulă, fonte hipereutectice, sunt cenușii, nu conțin în structură cementită liberă iar ruptura recentă (proaspătă) este de culoare cenușie.

Grafitul din fontele brute de turnătorie este lamelar (lungimea lamelor poate ajunge până la 1.000 μm) sau nodular (în tabelul 5, în cazul în care grafitul este nodular, această particularitate este specificată în coloana 1). Se precizează și tendința de formare a unor aglomerări de grafit lamelar denumite “fulgi” sau “kish” ce cresc în timpul solidificării ca urmare a depunerii carbonului pe acestea datorită solubilității carbonului în faza metalică lichidă și ca urmare a procesului de coagulare a respectivilor “fulgi” (particulele de grafit se caracterizează prin fenomenul de flotare, viteza de ascensiune a particulelor de grafit fiind mai mare decât cea corespunzătoare legii lui Stokes din cauza faptului că în jurul separărilor de grafit viscozitatea lichidului este mai mică decât în zonele mai îndepărtate de acestea).

Fonta brută de turnătorie se consideră că are prețul de cost mult mai mare decât al deșeurilor de oțel, fontei vechi și deșeurilor proprii, acest aspect netrebuind să fie neglijat chiar dacă acest sort metalic conferă încărcăturii metalice următoarele particularități – avantaje:

- manopera de pregătire în vederea încărcării este minimă (cea mai mică față de toate celelalte sorturi metalice din încărcătură);
- are un conținut mic de sulf;
- determină inițierea cristalizării fontei de a doua fuziune cu grafit nodular în cazul în care grafitul este nodular;
- are un conținut de carbon mare;



– compensează pierderilor de siliciu și mangan (pierderile prin oxidare) din timpul elaborării deoarece conține cele două elemente chimice în cantități relativ mari – de asemenea, elimină deficitul de siliciu și mangan cauzat de celelalte sorturi metalice din încărcătură;

– are intervalul solidus-lichidus, din diagrama de echilibru, relativ mic în raport cu celelalte sorturi metalice din încărcătură, ceea ce determină un necesar caloric mai mic pentru topire;

– utilizarea fontei brute de turnătorie ca o soluție “extremis” în cazul în care turnătoria (producătorul de fontă) nu dispune la un moment dat de alte sorturi metalice etc.

În cazul alegerii fontei brute de turnătorie ca unic sort metalic pentru încărcătura metalică, nu trebuie neglijat aspectul că aceasta conține o cantitate semnificativă de incluziuni nemetalice, gaze și oligoelemente cum ar fi Pb, Bi, Al, Ti, As, Cr, Sb, Sn etc. De exemplu, dacă fonta ce este propusă a fi elaborată este cu grafit nodular, conform [6], cu excepția cromului, toate oligoelementele menționate anterior sunt considerate elemente chimice antimodificatoare, fiind, astfel, limitate cantitativ la valori maxime.

În mod deosebit se subliniază particularitățile **fontei brute de turnătorie elaborată în furnal ce funcționează cu mangal**, o asemenea fontă brută având următoarele particularități:

– conținut de sulf mic (0,02...0,03%);

– conținut mic de fosfor (max.0,3%, [7]);

– conținut mic de gaze – de 10 ori mai mic decât în cazul fontei brute elaborată în furnal ce funcționează cu cocs metalurgic;

– conținut mic de carbon (3,6...3,8%, de umplere);

– conținut mic de incluziuni nemetalice – de 4...10 ori mai mic decât în cazul fontei brute elaborată în furnal ce funcționează cu cocs metalurgic;

– grafit fin. Se menționează că grafitul fin se dizolvă la temperaturi mai mici ale fazei metalice lichide etc.

Factorii ce stau la baza alegerii ca sort metalic unic a **fontei brute de afinare**, în principal, sunt următorii:

– dacă este pestriță, cantitatea de grafit este mică iar grafitul este fin;

- conținut de siliciu mic (de exemplu, maximum 1%);
- conținut mare de mangan (de exemplu, 0,5...1,5%);
- cost mai mic decât cel al fontei brute de turnătorie;
- se livrează în variantele pestriță și albă;
- conținut de gaze mic (de exemplu, 0,01000% N<sub>2</sub>, 0,00290% O<sub>2</sub> și 0,00032% H<sub>2</sub>).

În alegerea fontei brute de afinare trebuie avute în vedere și următoarele avertizări:

- susceptibilitatea de formare a crăpăturilor la cald pentru fonta de a doua fuziune;
- tendința mărită de cristalizare a fontei de a doua fuziune în sistemul metastabil;
- mărirea probabilității de apariție în structura metalografică a grafitului interdendritic;
- afectarea prelucrării mecanice a pieselor din fonta de a doua fuziune etc.

**Fonta brută aliată** se utilizează ca sort unic în încărcătură în variantele aliată cu crom, titan, vanadiu, nichel, molibden, cupru, siliciu, în combinații foarte diverse, pentru destinații consacrate – piese cu refractaritate moderată, piese supuse la uzare sau coroziune, lingotiere, organe de frânare, forme metalice pentru turnarea sticlei, cilindri de motoare cu ardere internă pentru nave maritime, arbori cotiți, roți dințate, arbori cu came, blindaje, cilindri duri de laminor, pompe și vane pentru lichide abrazive, piese calibrate, piese rezistente la coroziunea chimică la temperaturi mari (industriile alimentară, a petrolului, minieră, navală etc.) etc.

**Fonta brută de mare puritate** se recomandă pentru elaborarea fontei cu grafit nodular și fontei maleabile, calitatea fontei brute corelându-se cu matricea metalică a fontei de a doua fuziune.

Fonta brută de mare puritate, denumită convențional și fontă de înaltă puritate, are drept caracteristici conținuturi mici de siliciu și

mangan, după caz (de exemplu, manganul poate exista și sub formă de urme etc), conținuturi foarte mici de fosfor și sulf iar în cazul în care desulfurarea se efectuează cu magneziu, se caracterizează și printr-un conținut foarte mic de gaze (0,0010...0,0030% oxigen, 0,0002...0,0007% hidrogen și 0,0026...0,060% azot – pentru comparație, se prezintă și conținutul de gaze de la o fontă brută obișnuită, respectiv 0,0049...0,0170% oxigen, circa 0,0009% hidrogen și 0,0088...0,0339% azot).

Din cauza destinației, fonta de mare puritate trebuie să aibă unele oligoelemente chimice limitate în ceea ce privește conținutul la valori maxime cu scopul necompromiterii compactizării grafitului. De exemplu, conținuturile maxime admisibile pot fi următoarele: 0,04% Cr, 0,05% Ni; 0,05% Al, 0,002% Pb, 0,001% Sb, 0,04% V, 0,03% Ti, 0,03% Cu, 0,03% Mo, 0,01% Sn, 0,002% Bi, 0,02% As, 0,002%B, 0,01% Zr, 0,002% Te etc.

#### **b. Fonta veche**

Fonta veche – piese de fontă ieșite din uz – se achiziționează de la societăți comerciale ce au ca obiect de activitate și colectarea de la populație și agenți industriali de materiale metalice reciclabile.

Bucățile de fontă veche calitate I (masa/bucată mai mică de 46 kg), calitate a II-a (masa/bucată cuprinsă în intervalul 46...60 kg), calitate a III-a (masa/bucată cuprinsă în intervalul 60...100 kg) și calitate a IV-a (masa/bucată cuprinsă în intervalul 100...2.000 kg), se preferă în încărcătura metalică deoarece sunt disponibile în cantități mari, au un cost de 60...80% din costul fontei brute de turnătorie și reprezintă de fapt o fontă de a doua fuziune. În tabelul 6 se prezintă compoziții chimice orientative pentru grupe de fontă veche, [11], [6].

Tabelul 6

## Compoziții chimice orientative pentru grupe de fontă veche

Nr. crt.	Denumirea grupeii de fontă veche	Caracteristici suplimentare	Compoziția chimică, în %					Alte elemente chimice
			C	Si	Mn	P,max	S,max	
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Construcții electrotehnice, mașini agricole, mașini de scris și calculat, mașini de cusut etc.	-	3,1...3,6	1,50...2,30	0,6...1,2	0,40...0,60	0,10	-
2	Cilindri de automobile, motoare cu explozie etc.	-	2,8...3,2	1,80...2,20	0,7	0,25	0,08	-
3	Cilindri Diesel	-	3,0...3,2	1,20...1,50	0,8	0,20	0,08	-
4	Cilindri locomotivă	-	3,0...3,2	1,50...1,80	0,9	0,20	0,10	-
5	Șasiuri de autovehicule	-	3,0...3,5	1,75...2,00	0,6...1,0	0,40...0,50	0,10	-
6	Roți dințate mici	-	3,75	2,25	0,60	0,70	0,08	-
7	Roți dințate mijlocii	-	3,50	2,00	0,80	0,60	0,06	-
8	Roți dințate mari	-	3,25	1,50	1,00	0,50	0,06	-
9	Șaibe de transmisie mici	-	3,75	2,40	0,50	0,70	0,05	-

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
10	Șaibe de transmisie mijlocii	-	3,50	2,15	0,60	0,60	0,07	-
11	Șaibe de transmisie mari	-	3,25	1,90	0,70	0,50	0,09	-
12	Cilindri de abur mici	-	3,50	2,00	0,60	0,50	0,08	-
13	Cilindri de abur mijlocii	-	3,50	1,60	0,80	0,40	0,09	-
14	Cilindri de abur mari	-	3,50	1,25	1,00	0,30	0,10	-
15	Cilindri hidraulici mijlocii	-	3,25	2,00	0,80	0,40	0,05	-
16	Cilindri hidraulici mari	-	2,85	1,00	1,00	0,20	0,08	-
17	Volane	-	3,25	2,10	0,65	0,10	0,15	-
18	Pistoane	-	3,30	2,25	0,65	0,15	0,08	-
19	Segmenti de piston turnați individual	-	3,50	2,94	0,65	0,50	0,06	-
20	Piese obișnuite de automobil	-	3,40	2,60	0,65	0,30	0,10	-
21	Saboți de frână	-	3,30	1,90	0,65	0,15	0,08	-
22	Roți de vagoane	-	3,50	0,75	1,00...1,20	0,20	0,06	-
23	Piese de construcție-coloane	-	3,3...3,6	2,0...2,5	0,5...0,8	0,8	0,10	-
24	Rame	-	3,3...3,6	2,4...2,6	0,5...0,6	1,0	0,10	-
25	Grinzi, plăci de sprijin, suporturi	-	3,2...3,6	1,5...2,0	0,6...0,8	1,0	0,10	-
26	Radiatoare, țevi, aripi pentru cazane, mașini de călcat etc.	-	3,2...3,8	1,8...2,2	0,5...0,8	0,6...1,2	0,10	-
27	Tuburi și armături	-	3,2...3,8	2,0...2,4	0,6...0,8	0,5...0,7	0,10	-
28	Țevi pentru alimentare cu apă	-	3,4	1,5...2,0	0,5	0,8	0,08	-

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
29	Bare de grătare	–	3,5	1,5...2,0	0,6	0,20	0,05	–
30	Diverse piese de artă cu grosimea de perete de 10 mm	–	3,5...4,2	2,4...2,6	0,6...0,9	1,0...1,3	0,10	–
31	Diverse piese de artă cu grosimea de perete de 20 mm	–	3,5...4,2	2,2...2,4	0,6...0,9	0,8...1,0	0,10	–
32	Diverse piese de artă cu grosimea de perete de 30 mm	–	3,5...4,2	2,0...2,2	0,6...0,9	0,6...0,8	0,10	–
33	Mese de trasaj	–	3,2	1,10	0,85	0,35	0,10	–
34	Lingotiere	–	3,5	1,0	0,9	0,20	0,07	–
35	Fontă pentru plane	–	3,8	2,0...3,0	0,8	0,30...0,50	0,08	–
36	Matrițe	–	3,2	1,7...1,8	0,7	0,20	0,08	–
37	Grenade	–	2,8...3,2	1,2...2,0	0,8...1,5	0,3...0,5	0,08	–
38	Piese mici rezistente la acizi slabi	–	3,25	2,0	0,75	0,20	0,05	–
39	Piese mijlocii rezistente la acizi slabi	–	3,25	1,5	1,0	0,20	0,05	–
40	Piese mari rezistente la acizi slabi	–	3,25	1,0	1,25	0,20	0,05	–
41	Vase de topit aluminiu și plumb	–	3,2	1,3...1,5	0,5	0,20	0,08	–
42	Piese turnate în cochilă (articole de mare consum)	–	3,5...4,2	2,0...2,8	0,6	0,30	0,08	–
43	Piese pentru cuptoare (uși, plăci etc.)	–	3,5	2,0	0,8	0,30	0,08	–
44	Piese de fontă maleabilă	–	2,2...3,0	0,8...1,5	0,4	0,20	0,06	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
45	Obuze de artilerie, mine, tuburi de presiune, piese antifricțiune	–	2,8...3,3	1,5...2,2	0,6...1,0	0,1...0,3	0,04...0,15	–
46	Capace de canal, piese de ornamentație, tuburi de scurgere	–	3,2...3,7	2,0...3,0	0,5...1,0	0,5...1,0	0,08...0,15	–
47	Poduri de turnare, pâlnii de turnare, mase lotiere, funduri de turnare	–	3,2...3,5	1,8...2,0	0,5...0,7	0,15	0,05	–
48	Bucșe, cămăși de cilindri, roți dințate, arbori cotiți, matrițe, tamburi de frânare, axe cu came, lagăre, piese pentru cuptoare, piese de legătură între organe în mișcare etc.	Fontă maleabilă albă	2,50...3,25	0,50...0,70	0,30...0,50	0,20	0,15	–
		Fontă maleabilă neagră	2,20...3,00	0,80...1,40	0,30...0,50	0,15	0,15	–
49	Piese tumate de mică însemnătate, organe de mașini ce lucrează fără frecare și la solicitări reduse pentru mașini unelte (capace, cutii, plăci de bază, suporturi etc.), lingotiere mari etc. Piese pentru organe de mașini ce lucrează în	Fontă maleabilă perlitică	2,20...3,00	0,80...1,40	0,30...0,50	0,15	0,15	–
		Fontă cenușie	1,00 și 150, conform SR ISO 185	3,2...10,2	0,50...0,80	0,65	0,15	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	condiții de solicitare medie (cărucioare, suporturi etc.), piese cu pereți subțiri pentru mașini agricole și textile, mașini de cusut etc., piese cu compactitate mare (fevi, vane, ventile, fittinguri etc.), piese rezistente la temperaturi mari (lingotiere mari și mijlocii, cochile pentru piese turnate, cochile pentru industria prelucrării sticlei etc.)							
50	Lingotiere mici, blocuri de motor de tractoare și automobile, tamburi de frână, discuri de ambreiaj, cilindri pentru locomotive, clapete, pistoane, și Diesel mici, fevi de echipament pentru autocamioane și autobuze, tuburi, fittinguri din industria petrolului etc.	Fontă cenușie 200, conform SR ISO 185	3,00... 3,50	1,00... 2,30	0,50...1,00	0,65	0,14	max.0,15 crom



Calculul analitic al încălzăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
51	Cilindri de automobile, batiuri, corpuri, axe, blocuri de motor de tractor, automobile și autobuze, chiulase, pistoane, segmenti de pistoane, volanți, roți dințate, axe cu came, creuzete pentru elaborarea aliajelor neferoase, coșuri de evacuare a fumului, forme metalice pentru turnare etc.	Fontă cenușie 250, conform SR ISO 185	2,80 ... 3,40	1,40 ... 2,10	0,70 ... 1,50	0,30	0,12	max. 0,5 crom
52	Cilindri, batiuri, corpuri, axe etc. pentru automobile și motoare, blocuri de motor, chiulase, pistoane, cilindri, chiulase pentru motoare Diesel, corpuri de pompă din industria petroliferă și piese hidraulice, segmenti de piston pentru motoare cu benzină și Diesel, axe cu camă, mufe, matrițe pentru deformare plastică la rece, arbori cotiți etc.	Fontă cenușie 300, conform SR ISO 185	2,81 ... 3,20	1,00 ... 1,80	1,00 ... 1,50	0,35	0,12	0,2...0,5 crom
53	Cilindri și capace pentru mașini cu abur, corpuri de pompe hidraulice, arbori cotiți mari, cilindri, batiuri, axe de la mașini și motoare de răspundere mare etc.	Fontă cenușie 350, conform SR ISO 185	2,70 ... 3,10	0,90 ... 1,70	1,00 ... 1,50	0,30	0,12	0,2...0,5 crom

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
54	Arbori cotiți, segmenti de piston, pistoane, came de precizie, tamburi pentru trolii, inele pentru amortizoare, axe pentru automobile, piese pentru mașini agricole, piese pentru ambreiaje, pistoane pentru compresoare, batiuri pentru pompe, roți dințate, cremaliere, piese pentru angrenaje, suportii frână etc.	Fontă cu grafit nodular cu rezistență mecanică mare	3,40 ... 3,90	2,10 ... 2,90	0,60 ... 0,90	0,08	0,01	max. 0,1 Cr, max. 0,6 Cu 0,04...0,06 Mg
55	Hidrodistribuitoare, corp de pompă, convertizoare de cuplare, rotoare de ventilație, corpuri de vane hidraulice, corp reductor, corpuri de reglatoare hidraulice, rotoare pentru pompe de vid, corpul pompelor de presiune mare de la submarinele atomice, ventile, tuburi, autoclave, puntea din spatele autocamioanelor, traversa mașinii de frezat, tuburi de canalizare, corpuri de reductoare, suporturi de reductoare, piese de etanșare de la centralele atomoelectrice, piese pentru nave (corpul cilindric hidraulic pentru troliu, masa troliului, corpul interminatorului etc.)	Fontă cu grafit nodular cu tenacitate mare	3,60 ... 3,90	2,40 ... 2,85	max. 0,30	0,06	0,01	0,03...0,06 Mg

Calculul analitic al încălzăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
56	Lingotiere cu masa mai mare de 6 tone, chiułase și blocuri de motor pentru motoare Diesel, pistoane, segmenti de piston, volanți, distanțiere, piese de legătură, roți de lanț, saboți, pinioane, console, pârghii, corpuri de pompă, carcase de diferențial, capace de cutii de viteză, rotoare, angrenaje, tamburi de frână, corpuri de electromotoare, batiuri pentru mașini unelte, matrițe de forjare a oțelului, forme metalice pentru turnarea obiectelor de sticlă etc.	Fontă cu grafit vermicular	3,20 ... 3,90	2,00 ... 3,20	0,20 ... 1,20	0,08	0,03	0,015... 0,02 Mg
57	Șubăre de generatoare de gaz, grătare, piepteni și dinți de la cuptoare de pirită, țevi pentru recuperatoare, rame de răcire pentru cuptoare etc.	Fontă refractară	3,00 ... 3,80	1,60 ... 3,00	max. 1,00	0,30	0,12	0,25... 2,00 Cr
58	Retorte refractare, inele de strângere, tuburile cazanelor cu abur, cutii de cimentare, piese de legătură la cuptoarele cu benzi transportoare etc.	Fontă refractară aliată cu crom	1,60 ... 3,00	1,50 ... 2,20	max. 0,7	0,10	0,05	15,00 ... 32,00 Cr

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
59	Țevi pentru recuperatoare, supape, plăci de reflexie pentru focarele cupatoarelor, rame de răcire etc.	Fontă refractară aliată cu siliciu și crom	2,50 ... 3,20	4,50 ... 6,00	max.0,8	0,30	0,12	0,70...1,00 Cr
60	Țevi pentru recuperatoare și rame de golire ale cupatoarelor de ciment etc.	Fontă refractară cu grafit nodular aliată cu siliciu	2,70 ... 3,30	4,50 ... 5,50	max.0,8	0,10	0,03	max.0,2 Cr
61	Armături la cupatoare, plăci suport, grinzi de susținere a pieselor, role pentru platforma cupatoarelor tip cameră etc.	Fontă refractară aliată cu aluminiu	1,60 ... 2,50	1,00 ... 2,00	max. 0,8	0,20	0,08	19...25 Al
62	Creuzete pentru topirea aliajelor, oale pentru cementare, dinți pentru cupatoare de prăjire a piritei etc.	Fontă refractară cu grad de aliere mare pentru aluminiu	1,00 ... 1,20	max. 0,50	max. 0,7	0,04	0,10	29...31 Al
63	Piese ce lucrează în condiții de uzare cu arbori tratați termic etc.	Fontă cenușie austenitică aliată cu mangan și aluminiu	3,5 ... 6,00	2,50 ... 3,50	7,50 ... 12,50	0,10	0,05	0,4...0,8 Al

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
64	Paletе, discuri, corpuri de măcinare, bile pentru mori cu bile, paletе pentru instalații de sablare cu alice, piese pentru pompe, pompe, cilindri de fărâmare, cuțite pentru piese de fabricat cărămizi silicioase.	Fonte albe rezistente la uzare abrazivă aliate cu nichel și crom	2,50 ... 3,00	0,30 ... 0,80	0,30 ... 0,80	0,20	0,12	1,4...2,5 Cr, 3,3...5,0Ni, max.0,5Mo
65	Pompe de șlam, blindaje de mori pentru măcinare, hidrocicloane, paletе de instalații cu alice, cilindri de laminor	Fonte albe rezistente la uzare abrazivă aliate cu crom și molibden	2,40 ... 3,60	0,30 ... 0,80	0,40 ... 0,90	0,1	0,06	1,4...18,0Cr, 2,5...3,0Mo
66	Piese nemagnetice (carcase sub presiune pentru grupuri de generatoare cu turbină, carcase pentru întrerupători, flanșe, borne, bușe pentru izolatori etc.)	Fontă austenitică nemagnetică aliată cu nichel și mangan	max. 3,00	1,50 ... 3,00	6,00 ... 7,00	0,08	0,10	12...14Ni, max.0,2 Cr, max.0,5 Cu

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
67	Pompe, robineti, piese pentru cupatoare, buçe, port pentru pistoane din aliaje ușoare etc.	Fontă austenitică rezistentă la coroziune, aliată cu nichel, cupru și crom	max. 3,00	1,00 ... 2,80	0,50 ... 1,50	0,08	0,10	13,5...17,5Ni, 2,5...3,5Cr, 5,5...7,5Cu
68	Pompe, cazane, robineti, piese de filtre, conducte de fum, carcase de turbocompressoare, piese rezistente la baze caustice, din săpunului, alimentară, a mătăsii artificiale, a materialelor plastice etc.	Fonte austenitice rezistente la coroziune, aliate cu nichel și crom	max. 3,00	1,00 ... 2,80	0,50 ... 1,50	0,08	0,10	28...32 Ni, 2,5...3,5Cr, max.0,5 Cu
69	Piese pentru pompe, robineti pentru cupatoare industriale etc.	Fontă austenitică rezistentă la coroziune, uzare și la cald aliată cu Ni, Si și Cr	max. 2,50	4,50 ... 6,00	0,50 ... 1,50	0,08	0,10	18...32Ni, 4,5...5,5Cr, max.0,5 Cu
70	Piese pentru mașini unelte, instrumente științifice, matrițe pentru fabricarea articolelor de sticlă etc.	Fontă austenitică cu dilatare termică mică, aliată cu nichel	max. 2,40	1,00 ... 2,00	0,50 ... 1,50	0,08	0,10	34...36Ni, max.0,2Cr, max.0,5Ni

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
71	Piese pentru industria frigorifică	Fontă austenitică rezistentă până la minus 196°C, aliată cu nichel și mangan, cu grafit nodular	max. 2,60	1,50... 2,50	4,00 ... 4,50	0,08	0,10	22...24Ni, max.0,2 Cr, max.0,5Cu, 0,04...0,06Mg
72	Matrițe	Fonte pentru construcții de mașini aliate cu Ni	3,00 ... 3,50	1,00 ... 2,00	max. 0,7	max. 0,35	0,10	1,00...1,25Ni, max.0,8 Cr, 1,0...1,5 Mo, max.0,6 V
73	Roți dinate	Fonte pentru construcții de mașini aliate cu Ni	3,15...3,50	1,00 ... 1,60	0,7	0,20	0,10	1,5 Ni, 0,4 Cr, max.0,6 Mo
74	Arbori cotiți	Fonte pentru construcții de mașini aliate cu Ni și Mo	2,50 ... 3,00	1,80 ... 2,50	0,7	0,2	0,10	1,0...1,5Ni, 0,5...1,0Mo, 0,3...0,5Cr
75	Repere pentru pompe (cămăși pentru cilindrii pompelor de adâncime), carcase de pompe pentru	Fonte aciculare, mediu aliate cu nichel și molibden	2,80... 3,10	1,20 ... 2,50	0,50 ... 1,00	0,15	0,08	1,5...5,0Ni, 0,6...1,0 Mo

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	nămol cu cărbune, repere pentru mori, inele de măcinat, șuruburi de presare de la făcămiștea trestiei de zahăr, cilindrii de la moara de cereale, plăci de căptușire pentru amestecătoarele de asfalt, discuri de debavurat, cuțite de tocat, bile pentru rulmenți, scule de tras la sârma de cupru, făci pentru mașinile de îndreptat sârmă etc.							
76	Cuțite de plug, șenile, bușe antifricțiune, tuburi hidromonitoare etc.	Fontă maleabilă aliată cu mangan	3,00 ... 3,50	1,3	12 ... 15	0,10	0,005	-
		Fontă silicioasă	2,4	5,7	0,7	0,3	0,12	-
		Fontă Ni-Cr	3,2	2,1	0,6	0,8	0,12	0,67 Ni, 0,34 Cr
77	Lingotiere, bare de grătare, țevi de eșapament etc., reprezentând fontă refractară rezistentă la temperaturi mai mari de 700°C	Nicrosilal	1,8	4,4	0,6	0,04	0,05	18,7 Ni, 2,6 Cr
		Nirezist	2,4	1,1	0,8	0,3	0,12	16,6 Ni, 3,3 Cr, 7,3 Cu



Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
78	Întreprătoare care lucrează în ulei (capace, carcase, bușe), transformatoare de forță (armături etc.), mașini electrice, transformatoare de sudură (capace, sănii), separatoare etc.	Fonte nemagnetice aliate cu nichel și mangan	2,60 ... 3,00	2,5	5,6	0,15	0,10	9...12 Ni
79	Pinioane hiperboloidale, angrenaje planetare, cuplaje diferențiale (cruci sateliți), inele de asamblare segmentate, roți melcate, angrenaje conice automobile, sisteme de aprindere la motoarele Diesel Cummins, transmisii hiperboloidale pentru autobuze, roți dințate pentru material rulant, roți dințate pentru circulare cu dantură interioară etc.	Fonte cu grafit nodular bainitice	3,58	2,56	0,45	0,012	0,022	0,01 Mg, 0,97 Ni, 0,33 Mo
			3,40 ... 3,80	2,80 ... 3,00	max. 0,5	0,07	0,02	0,03...0,05 Mg, 0,2 Mo, 0,5...0,7 Cu, 0,02...0,04 pământuri rare
			3,40 ... 3,80	2,30	0,5	0,07	0,02	0,03...0,05Mg, 0,3 Cu

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
80	Arbori pentru motoare-vehicule grele (firmele Volvo, Chrysler, Mercedes, Leyland, Dailor, General Motors), motoare V8, motoare cu turbină supraalimentată, motoare cu compresor, motoare Diesel pentru autocamioane și tractoare, motoare de curse, arbori cotiți cu filete roluite adânc, motoare pentru unități frigorifice, motoare pentru unități de aer condiționat, motoare pentru compresoare, axe cu came etc.	Fonte cu grafit nodular bătuite	3,40 ... 3,70	2,10 ... 2,70	max. 0,35	0,06	0,12	0,03...0,06 Mg, 1,1 Ni, 0,2...0,4 Mo
			3,50... 3,80	2,40... 2,80	max. 0,50	0,06	0,02	0,03...0,06 Mg,
			3,47	2,30	0,36	0,03	0,1	0,06 Mg, 1,55 Ni, 0,14 Mo, 0,59 Cu
81	Piese pentru autovehicule – amortizoare de viteză, fuzete, componente de direcție, furci, selectoare, cruci cardanice, suspensii, console, carcase de diferențial, papuci de șenile, brațe de suspensie, leviere de	Fonte cu grafit nodular bătuite	3,91	2,12	0,18	0,03	0,02	0,06 Mg

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
	comandă, butucul roții și axe pentru autoutilitare, scaune pentru arcuiri la autocamioane, componente de ambreiaj etc.		3,91	2,12	0,18	0,03	0,02	1,03 Ni, 0,06 Mg
	Piese pentru utilaj feroviar – împingătoare pentru vagoane motor, carcasă adaptor pentru lagărul axei, dispozitive de frânare de la locomotiva de manevrare, articulații pentru suspensii și lagăre, plăci pentru vagoane de turbă, blocuri de cuplare, pentru vagoane de minereu, elemente de susținere, boghiuri și roți pentru șină (vagoane de marfă, locomotive), saboți de frână și cale etc.	Fonte cu grafit nodular bainitice	2,46	1,54	1,38	0,03	0,02	4,63 Ni, 0,92 Mo
83	Creuzete pentru topirea aluminiului	Fontă aliată cu aluminiu	2,50... 2,80	0,50... 3,00	0,6	0,1	0,8	0,5...1,5 Cr, 6 Al
84	Rezistențe electrice	Fontă aliată cu aluminiu	2,50... 3,00	0,50... 3,0	0,6	0,1	0,08	6 Al

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
85	Bile de sfărâmare a cărbunelui, ajutaje de sablare, piese ce lucrează în condiții de uzare însoțite de șocuri mecanice	Fontă aliată cu vanadiu	3,3 1,50... 4,80	0,60 max.7	0,58 5...17	0,1 0,1	0,08 0,08	11,54 V, 1,17 Cr, 0,92 Mo 2...15 V, max.7Cr, max.3 Ti
86	Lingotiere	Fontă cu grafit vermicular	3,7	1,99	0,18	0,047	0,005	0,01 Al, 0,015Cr, 0,048Cu, 0,001Mo 0,010Sn 0,016V
87	Lingotiere	Fontă cu grafit vermicular	3,6... 5,0	1,45... 2,00	0,4... 1,0	0,05	0,001... 0,009	0,05... 0,12 Ce
88	Lingotiere	Fontă cu grafit vermicular	3,85... 3,90	2,59... 2,61	0,15... 0,25	0,078... 0,102	0,015... 0,025	-
89	Chiulase de motor Diesel	Fontă cu grafit vermicular	3,31... 3,47	2,37... 2,58	0,13... 0,15	0,06... 0,08	0,005	0,16... 0,025 Ce

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 6 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8
90	Volante pentru motoarele de automobile	Fontă cu grafit vermicular	3,5	1,7	0,3	0,1	0,012	max.0,25 Cu, 0,0026...0,025Mg, 0,02...0,06 Ti

Problemele ce le crează fonta veche sunt de tipul următor:

- piesele turnate din fontă elaborată în cubilou aduc în încărcătură o cantitate mare de sulf cauzată de cocsul de turnătorie;
- unele sorturi de fontă veche conțin grafit de dimensiuni mari, cantități mari de gaze și incluziuni nemetalice dar și de oligoelemente chimice;
- ansamblurile și subansamblurile pot conține metale și aliaje neferoase, oțel, componente nemetalice iar unele bucăți pot avea proveniență militară, aceste particularități necesitând operații de sortare calitativă, inclusiv de asigurare a securității personalului ce deservește procesul de elaborare;
- bucățile de fontă veche impun și o sortare dimensională etc.

### **c. Deșeurile de oțel**

Deșeurile de oțel sunt deșeurile ce au ca proveniență piesele de oțel obținute prin turnare (maselote, adaosuri tehnologice rețele de turnare, rebuturi și piese ieșite din uz numite și oțel vechi), deformare plastică (șagle, brame-sleguri –, ca șutaje, deșeuri de la ambutisare, laminare, forjare etc.), sudare etc.

Deșeurile de oțel sunt acceptate în încărcătură datorită următoarelor avantaje:

- au conținut de carbon mic, ceea ce le fac foarte utile pentru elaborarea fontelor cu un conținut de carbon mic. De asemenea, deșeurile de oțel reprezintă unicul sort metalic din încărcătură în cazul elaborării fontei sintetice în cuptoare cu inducție ce funcționează la frecvențe mijlocii și mari și unicul sort metalic din încărcătura adăugată în cazul elaborării fontei semisintetice, însă, în cuptoare cu inducție ce funcționează la frecvența rețelei;
- determină obținerea de caracteristici mecanice de rezistență mai mari decât în cazul în care încărcătura metalică nu conține deșeuri de oțel și este formată din fontă brută de turnătorie “clasică”, fontă brută elaborată în furnal ce funcționează pe bază de mangal, fontă brută de afinare, fontă brută aliată și deșeuri proprii de fontă, după caz;

– fonta de a doua fuziune se obține cu un conținut mai mic de gaze, incluziuni nemetalice și oligoelemente. Această particularitate, printre altele, explică obținerea de caracteristici mecanice de rezistență superioare pentru fonta de a doua fuziune;

– conduc la obținerea unui grafit mai fin pentru fonta de a doua fuziune;

– sunt relativ ușor de procurat;

– micșorează costul fontei de a doua fuziune deoarece au un cost mai mic decât cel al fontei brute, în general.

De asemenea, proporția de deșeuri de oțel din încărcătura metalică depinde și de următorii factori:

– importanța pieselor vizate a fi obținute. Cu cât importanța pieselor este mai mare – de exemplu, piese pentru centrale electrice nucleare, etaloane etc. – cu atât proporția de deșeuri de oțel în încărcătura metalică este mai mare;

– cantitatea de fontă brută și fontă veche prezentă la un moment dat în depozitele turnătoriei. Cu cât disponibilul de asemenea sorturi este mai mic, cu atât proporția de deșeuri de oțel în încărcătură este mai mare;

– sistemul ecologic de captare a gazelor și prafului (a noxelor) ce rezultă ca produse secundare ale procesului de carburare. Dacă sistemul ecologic respectiv este corespunzător, proporția de deșeuri de oțel din încărcătură se poate mări;

– conținutul de carbon al deșeurilor de oțel. Cu cât conținutul de carbon al deșeurilor de oțel este mai mic, cu atât proporția de deșeuri de oțel din încărcătură poate fi mai mare;

– costul materialelor de carburare. Cu cât costul materialelor de carburare este mai mic, cu atât proporția de deșeuri de oțel din încărcătură poate fi mai mare;

– gradul de asimilare al carbonului în fonta lichidă (gradul de carburare). Cu cât gradul de carburare este mai mare, cu atât proporția de deșeuri de oțel din încărcătură poate fi mai mare;

– gradul de agitare al băii metalice. Cu cât gradul de agitare al băii metalice este mai mare, cu atât proporția de deșeuri de oțel din încărcătură poate fi mai mare;

– gradul de supraîncălzire în stare lichidă al fontei. Cu cât gradul de supraîncălzire respectiv este mai mare, cu atât proporția de deșeuri de oțel din încărcătură poate fi mai mare etc.

În balanța calculului rentabilității obținerii fontei de a doua fuziune trebuie să aibă în vedere și următoarele considerente:

– baia metalică trebuie carburată în mai multe situații, cu atât mai mult în cazul elaborării fontei sintetice. Așa, durata de elaborare se prelungeste, afectând costul fontei elaborate (este nevoie și de asigurarea unei temperaturi mai mari a băii metalice);

– cantitatea de energie ce se consumă pentru topirea și supraîncălzirea deșeurilor de oțel este mai mare decât cea corespunzătoare topirii și supraîncălzirii fontelor brute, fontei vechi și deșeurilor proprii;

– costul deșeurilor de oțel ocazionat de diferite circumstanțe (furnizor, distanță, import, perioade critice, capacitatea bazei de șarjare, stabilitate monetară etc.) etc.

În tabelul 7 se prezintă compozițiile chimice ale unor deșeuri de oțel.

În categoria deșeurilor de oțel intră și așchiile (șpanul) rezultate în urma prelucrărilor mecanice cu mașinile unelte.

#### **d. Deșeurile proprii**

În principiu, deșeurile proprii se referă la marca de fontă propusă a fi elaborată, dar se pot referi și la alte mărci de fontă decât cea propusă a fi elaborată – mărci de fontă din programul curent.

Deșeurile proprii reprezintă rețelele de turnare, maselotele, adaosurile tehnologice, rebuturile, șpanul și scoarțele și resturile de la turnare.

Dacă deșeurile proprii reprezintă mai multe mărci de fontă, pentru a afla compoziția chimică a lor, se face media ponderată. De exemplu, dacă se utilizează 30% deșeuri proprii ce conțin 2,1% Si,



60% deșeuri proprii ce conțin 2,8% Si și 10% deșeuri proprii ce conțin 2% Si, conținutul de siliciu al deșeurilor proprii este de

$$Si_{DP} = 30 \cdot \frac{2,1}{100} + 60 \cdot \frac{2,8}{100} + 10 \cdot \frac{2}{100} = 2,51\%, \quad (44)$$

în care  $Si_{DP}$  reprezintă conținutul de siliciu al deșeurilor proprii, în %.

În categoria deșeurilor proprii intră și așchiile (șpanul) rezultate în urma prelucrărilor mecanice cu mașinile unelte.

#### **e. Buretele de fier**

Buretele de fier reprezintă produsul rezultat prin reducerea minereului de fier cu carbonul, hidrogenul, monooxidul de carbon, metanul și alți reducători și este sub formă de bulgări de formă neregulată cu porozitate mare, pelete sferice și pulbere fină, [14].

În tabelul 8 se prezintă compoziții chimice de burete de fier, sub formă de burete, ca atare, pelete și brichete.

Buretele de fier intră în atenție ca sort metalic în încărcătură datorită următoarelor aspecte:

- costul este inferior fontei brute de turnătorie;
- este omogen chimic și dimensional;
- se pretează pentru obținerea de fontă cu grafit nodular deoarece nu conține elemente chimice antimodificatoare;
- asigură pentru fonta de a doua fuziune caracteristici mecanice de rezistență stabile și mai mari decât în cazul utilizării în încărcătură de fontă brută și deșeuri de oțel etc.

Utilizarea buretelui de fier trebuie să țină seama și de următoarele inconveniente:

- crește cantitatea de zgură din cauza sterilului ce-l conține;
- obligă la utilizare în încărcătură de fonduși de natură chimică bazică pentru legarea chimică a sterilului acid;
- în timpul topirii, există interacțiunea chimică C-FeO, ceea ce determină degajarea de CO – gaz toxic;
- masa specifică în vrac este relativ mică – 1,5...1,8 g/cm<sup>3</sup>, ceea ce impune încărcarea de mai multe ori a cuptorului, așa

Compoziții chimice orientative pentru unele deșeuri de oțel, [31].

Nr. crt.	Grupa de deșeuri de oțel	Compoziția chimică, în %						
		C	Si	Mn	P, max.	Si, max.	Alte elemente chimice	
0	1	2	3	4	5	6	7	
1	Șutaje de la laminarea profilurilor (din țagăle și brame)	0,12...0,50	max.0,2	0,55...0,80	0,05	0,05	–	
2	Deșeuri de la ambutisare, table, benzi laminare la rece etc.	max.0,10	max.0,08	0,20...0,45	0,05	0,05	–	
3	Deșeuri de oțel laminat la cald	max.0,19	0,15...0,50	0,30...0,80	0,045	0,045	–	
4	Deșeuri de oțel laminat la cald	0,15...0,22	0,15...0,50	0,75...1,15	0,045	0,045	0,020...0,035 Al	
5	Deșeuri de oțel laminat la cald	max.0,20	0,15...0,50	1,05...1,65	0,040	0,040	max.0,15 V	
6	Deșeuri de oțel laminat la cald	max.0,19	0,13...0,37	0,38...0,84	0,045	0,045	0,68...1,04 Cr; 0,38...0,62 Mo.	
7	Oțel carbon de calitate	0,07...0,13						
8	Oțel laminat la cald slab aliat, [12]	0,08...0,15	0,17...0,37	0,4...0,7	0,30	0,025	0,9...1,2 Cr; 0,25...0,35 Mo; 0,15...0,30V; 0,015...0,035 Al	
9	Oțel carbon de calitate, [13]	0,06...0,13	0,15...0,37	0,3...0,5	0,04	0,05	–	
10	Oțel carbon de calitate	0,19...0,30	0,15...0,37	0,4...0,8	0,04	0,05	–	

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
11	Oțel carbon de calitate	0,30...0,40	0,15...0,37	0,4...0,8	0,04	0,05	–
12	Oțel carbon de calitate	0,40...0,50	0,15...0,37	0,4...0,8	0,04	0,05	–
13	Oțel carbon de calitate	0,50...0,62	0,15...0,37	0,4...0,8	0,04	0,05	–
14	Oțel carbon turnat sub formă de piese	0,10...0,20	0,20...0,45	0,50...0,90	0,04... 0,06	0,04...0,06	–
15	Oțel carbon turnat sub formă de piese	0,15...0,25	0,20...0,45	0,50...0,90	0,04... 0,06	0,04...0,06	–
16	Oțel carbon turnat sub formă de piese	0,20...0,30	0,20...0,45	0,50...0,90	0,04... 0,06	0,04...0,06	–
17	Oțel carbon turnat sub formă de piese	0,25...0,35	0,20...0,45	0,50...0,90	0,04...0,06	0,04...0,06	–
18	Oțel carbon turnat sub formă de piese	0,35...0,45	0,20...0,45	0,50...0,90	0,04...0,06	0,04...0,06	–
19	Oțel beton rotund	max.0,20	max.0,50	1,2...1,5	0,06	0,66	max.0,55 Cu
20	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,07...0,15	0	0,35...0,50	0,06	0,06	–
21	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,12...0,22	0,12...0,35	0,35...0,60	0,06	0,06	–
22	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,18...0,27	0,17...0,35	0,40...0,70	0,06	0,06	–
23	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,28...0,37	0,17...0,35	0,50...0,80	0,06	0,06	–
24	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,38...0,50	0,17...0,35	0,50...0,80	0,06	0,06	–
25	Oțel carbon obișnuit prelucrat la cald	0,50...0,63	0,17...0,35	0,55...0,80	0,06	0,06	–
26	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,09...0,16	0,17...0,37	0,40...0,80	0,040	0,045	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
27	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,17...0,24	0,17...0,37	0,40...0,80	0,040	0,045	–
28	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,40...0,50	0,17...0,37	0,70...1,00	0,040	0,045	–
29	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,09...0,16	0,17...0,37	0,40...0,80	0,040	0,045	–
30	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,17...0,24	0,17...0,37	0,40...0,80	0,040	0,045	–
31	Oțeluri pentru țevi fără sudură	0,40...0,50	0,17...0,37	0,70...1,00	0,040	0,045	–
32	Elemente portante pentru construcții metalice sudate sau îmbinate prin alte procedee, ferme, poduri de șosea și cale ferată, rezervoare, stâlpuiri, elemente de structuri portante, de mașini și utilaje, batiuri sudate, organe de mașini supuse la solicitări moderate, lanțuri de tracțiune, sârme și plăci sudate pentru beton armat, flanșe	max.0,20	max.0,40	max.0,80	0,06	0,06	–
33	Stâlpi pentru linii electrice aeriene, căi de rulare, macarale, șasiuri de autovehicule, rezervoare de mare capacitate, lanțuri de tracțiune	max.0,20	max.0,5	max.1,6	0,06	0,06	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
34	Țevi și conducte pentru utilizări curente precum și în industria petrolieră, energetică, flanșe, ștuțuri, construcții metalice pentru macarale, turlle de foraj	0,17 ... 0,24	0,17 ... 0,37	0,40 ... 0,80	0,06	0,06	–
35	Țevi fără sudură pentru presiuni mari pentru industria petrolieră și chimică, acționări hidrostatice	0,40 ... 0,50	0,17 ... 0,37	0,70 ... 1,00	0,06	0,06	–
36	Țevi sudate pentru conducte de apă, gaz și țești	max. 0,30	–	max. 1,35	0,06	0,06	–
37	Table groase pentru elemente principale ale viaductelor, podurilor de șosea și de cale ferată	0,12 ... 0,18	max. 0,50	max. 1,60	0,06	0,06	min. 0,025 Al, max. 0,009 N <sub>2</sub> , max. 0,055 Ti
38	Stâlpi de înaltă tensiune, vagoane, macarale, structuri portante și elemente de închidere a hanelor industriale	max. 0,10	0,15 ... 0,30	max. 0,40	0,06	0,06	0,50...0,80Cr, 0,60 Cu, max. 0,015 N <sub>2</sub> , min. 0,025 Al

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
39	Căi de rulare la macarale grele, poduri rulante pentru siderurgie, ferme și stâlpi pentru hale cu deschidere mare	max.0,20	max.0,40	1,10...1,65	0,06	0,06	min.0,020Al, max.0,70 Ni, min.0,05 V, min.0,005 Ti
40	Profile laminate la cald destinate susținerii galeriilor de mină	0,14...0,19	max.0,45	1,20...1,60	0,06	0,06	0,10...0,19V, min.0,02 Al
41	Longeroane pentru autovehicule grele	max.0,20	0,20...0,40	0,90...1,50	0,06	0,06	max.0,025Al, 0,10...0,15 Ti
42	Elemente și structuri din beton armat și beton precomprimat	0,15...0,23	max.0,07	0,40...0,75	0,06	0,06	–
43	Plase și carcase sudate, etrieri	max.0,25	max.0,40	max.0,80	0,06	0,06	–
44	Piese pentru cazane energetice, schimbătoare de căldură	max.0,17	0,15...0,35	0,40...0,90	0,05	0,05	0,020...0,045Al
45	Recipienți sub presiune, cazane energetice, conducte, schimbătoare de căldură	0,12...0,20	0,15...0,35	0,50...0,80	0,05	0,05	0,25...0,40 Mo, 0,010...0,030Al
46	Conducte de abur viu, cazane energetice de mare randament, organe de asamblare	0,17...0,23	0,10...0,50	0,30...0,80	0,04	0,035	11,0...12,5Cr, 0,30...0,80Ni, 0,80...1,20Mo, 0,25...0,35 V

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
47	Mantale și funduri de recipienți, fascicule tubulare, colectoare, conducte	0,80...0,150	0,17...0,37	0,40...0,70	0,040	0,035	0,90...1,20Cr, 0,25...0,35Mo, 0,15...0,30V, 0,015...0,045 Al
48	Construcții navale – elemente sudate de structuri portante ale navelor fluviale și maritime de mic tonaj	max.0,23	max.0,35	min.2,5x%C	0,04	0,04	–
49	Construcții navale – elemente sudate de structuri portante ale navelor maritime de tonaj mediu	max.0,18	0,10...0,50	0,90...1,60	0,04	0,04	max.0,35 Cu, min.0,02 Al, max.0,20 Cr, 0,20...0,40Ni, max.0,08Mo
50	Construcții navale – elemente de rezistență din zona centrală a navelor maritime de mare tonaj	max.0,18	0,10...0,50	0,90...1,60	0,04	0,04	max.0,35Cu, max.0,08 Al, max.0,05Nb, max.0,10 V, max. 0,20Cr, 0,40...0,70Ni, max. 0,08 Mo
51	Rondele, cuie, capace, nituri, coliere de strângere	max.0,23	max.0,07	–	0,06	0,06	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
52	Suporți, rame, carcase și capace, tiranți, piese ambutisate la cald și la rece, armături	max.0,12	max.0,07	max.0,55	0,060	0,06	
53	Structuri portante de mașini agricole, tiranți, suportți, clichetți, organe de asamblare, armături, piese ambutisate la cald și la rece	max.0,15	max.0,07	max.0,55	0,060	0,06	
54	Biele, manivele, axe, arbori, roți dințate, piese canelate și filetate, flanșe	max.0,25	max.0,07	max.0,80	0,060	0,06	
55	Bare de tracțiune, arbori drepți și cotiți, arbori pentru pompe și turbine, volanți, roți dințate pentru viteze periferice mici	0,30	max.0,40	max.0,80	0,060	0,06	
56	Arbori canelați, pene, cuplaje, roți dințate, melci pentru transport, fusuri pentru prese, cuie de centrare, roți de lanț	0,50	max.0,40	max.0,80	0,060	0,06	
57	Șaibe, clichetți, furci, tije, pene de ghidare, culbutoare, supape, discuri, eclise, buce și role pentru lanțuri de tracțiune	0,07...0,14	0,17...0,37	0,35...0,650	0,040	0,05	
58	Bolțuri, șuruburi de mișcare, piulițe, părganii, chei, pene de ghidare	0,12...0,18	0,17...0,37	0,35...0,650	0,080	0,05	
59	Axe, buloane, manșoane, arbori, șuruburi, flanșe, cîrlige forjate pentru macarale	0,22...0,29	0,17...0,37	0,40...0,700	0,040	0,05	
60	Discuri de turbină, arbori cotiți, biele, coroane dințate, roți cu clichet, piese de ghidaj, melci, piese	0,42...0,50	0,17...0,37	0,50...0,800	0,040	0,05	



Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
61	Pinioane, tije, came, aparate de legare pentru vehicule de cale ferată	0,52 ... 0,60	0,17 ... 0,37	0,60...0,9 0	0,04	0,05	-
62	Excentrice, bandaje, bușe elastice, roți dințate, cârlige de tracțiune pentru vehicule de cale ferată	0,57 ... 0,65	0,17 ... 0,37	0,60...0,9 0	0,04	0,05	-
63	Axe, arbori, roți, came, lonjeroane, piese sollicitate la torsiune	0,32... 0,40	0,17 ...0,37	1,40...1,80	0,04	0,035	max.0,3 Cu
64	Profile de șenile pentru tractoare	0,37 ... 0,45	0,17 ... 0,37	0,70...1,00	0,04	0,035	max.0,30 Cr, max.0,30 Ni, max.0,30 Cu
65	Angrenaje mici, arbori, articulații cardanice, piese de comandă	0,14... 0,19	0,17... 0,37	1,00...1,30	0,04	0,035	0,80...1,10Cr
66	Piese de uzură pentru utilaje miniere	0,23 ... 0,29	1,20 ... 1,60	1,20...1,60	0,04	0,035	max.0,30Cr, 0,30...0,50 Ni, 0,15...0,25 Mo
67	Bolțuri pentru pinioane, culbutori, arbori cu came, axe planetare, bușe, roți dințate, melci	0,12 ... 0,18	0,17 ... 0,37	0,40...0,70	0,04	0,035	0,70...1,00 Cr

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
68	Piese pentru pentru automobile	0,29...0,35	max.0,40	0,60...0,900,40		0,035	0,85...1,15 Cr, max.0,25 Ni, max.0,20 Cu
69	Roți de antrenare, arbori, tije de pistoane, discuri de fricțiune, supape de admisie	0,36...0,44	0,17...0,37	0,50...0,800,04		0,035	0,80...1,10 Cr
70	Roți dințate pentru mașini grele, arbori cu came	0,17...0,23	0,17...0,37	0,80...1,100,04		0,035	1,00...1,30Cr, 0,030...0,090Ti
71	Roți dințate și roți de lanț pentru automobile	0,14...0,19	0,17...0,37	0,40...0,600,04		0,035	1,40...1,70Cr, 1,40...1,70 Ni
72	Rotori de turbină, arbori pentru motoare cu arde internă	0,38...0,45	0,17...0,37	0,60...0,900,04		0,035	0,90...1,20 Cr, 0,15...0,30 Mo
73	Sape de foraj	0,17...0,23	0,20...0,35	0,60...0,900,04		0,035	0,35...0,65Cr, 0,35...0,65Ni, 0,20...0,30 Mo
74	Piese pentru automobile Dacia 1300 prelucrate prin așchiere pe mașini-unelte automate	max.0,40	max.0,30	max.0,80	0,05	0,05	0,18...0,25 Pb
75	Bucșe, bolțuri, știfturi de centrare (prelucrate pe mașini-unelte automate)	0,25...0,35	0,15...0,35	0,70...1,00	0,060,08...0,15		–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
76	Axe, tije, șaibe de presiune șuruburi și piulițe cu demontare frecventă (prelucrate pe mașini-unelte automate),	0,15...0,25	0,15...0,35	0,60 ... 0,90	0,06	0,08 ... 0,15	–
77	Șuruburi conducătoare pentru mașini-unelte, axe canelate, axe, cuplaje cu gheară (prelucrate pe mașini –unelte automate)	0,35...0,45	0,15...0,35	1,20 ... 1,60	0,06	0,18 ... 0,30	–
78	Rulmenți la sapele de foraj	0,50...0,60	0,80...1,10	0,30 ... 0,60	0,04	0,035	max.0,25 Cr, max.0,30 Ni, max.0,02 Ti, max.0,30 Cu, 0,40...0,60 Mo
79	Filiere, alezoare, dormuri pentru perforare, broșe mici, calibre de filet, supape, instrumente de măsură, rulmenți	0,95...1,10	0,17...0,37	0,2...0,45	0,027	0,02	1,30...1,65Cr, max.0,30 Ni, max. 0,25 Cu
80	Arcuri de tip spiral, elicoidal și în foi, inele de fixare pentru rulmenți	0,82...0,90	0,17...0,37	0,50 ... 0,80	0,05	0,05	max.0,30 Cr, max.0,30 Ni, max.0,25Cu

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
82	Arcuri pentru automobile	0,55...0,65	1,50...1,90	0,60...1,00	0,05	0,05	0,25...0,45 Cr
83	Arcuri inelare pentru tampoane la vagoane și locomotive de cale ferată	0,55...0,65	1,00...1,30	0,90...1,10	0,05	0,05	0,40...0,70 Cr, max. 0,30 Ni, max. 0,25 Cu
84	Piese obținute prin ambutisare la rece cu grad mediu de deformare utilizate în industria de autovehicule, mașini agricole, articole de menaj, piese tubulare îndoite, jenți de autovehicule, piese de ambutisare medie,	max.0,080	max.0,030	0,20...0,40	0,030	0,035	–
85	Piese obținute prin ambutisare foarte adâncă pentru caroserii auto, vase și articole de menaj, cuplaje electromagnetice	max.0,08	max.0,10	max.0,40	0,025	0,030	–
86	Ambalaje metalice pentru produse chimice	max.0,10	max.0,030	0,20...0,45	0,050	0,050	–
87	Piese obținute prin îndoire și ambutisare la rece, cu grad moderat de deformare, utilizate în industria de autovehicule, mașini agricole, articole de menaj	max.0,10	max.0,030	0,20...0,45	0,040	0,040	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
88	Ciocane de forjare la cald, ciocane de lăcătușerie, baroase, matrițe, căpuitoare, dălți, șurubelnițe, vârfuri de strung, foarfece de mână pentru tăierea tablelor, poansoane pentru oțel moale, burghie, instrumente chirurgicale neascuțite, scule de tâmplărie, scule de modelat, coase, seceri, clești, patent, matrițe mici pentru materiale plastice	0,65...0,74	0,15...0,35	0,15...0,38	0,08	0,025	–
89	Matrițe pentru forme simple, cuțite și foarfece pentru metale moi, scule de tâmplărie, scule pneumatice perforatoare, penetratoare, scule pentru fabricarea șuruburilor și cuielelor, burghie pentru material de duritate medie, scule de tăiere și îndoire la cald, clește	0,75...0,84	0,15...0,35	0,15...0,35	0,08	0,025	–
90	Ferăstraie circulare sau în benzi pentru lemn, dălți pentru carbune și cioplirea pietrelor, șarpe de rezistență mare, matrițe pentru injectat materiale plastice	0,80...0,90	0,15...0,35	0,35...0,80	0,08	0,025	–

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
91	Filieri, burghie pentru roci dure, burghie, matrițe pentru monede, scule pentru fabricarea șuruburilor și acelor, scule pentru extrudare, inel de tras, inel de ambutisare, dormuri, cuțite de tăiat cauciuc, ferăstraie mecanice, calibre de forme simple	0,95...1,040,15...0,350,15...0,350,080,025					–
92	Cuțite pentru prelucrarea metalelor, brice, scule de trefilare, sfredele, dălți, scule pentru prelucrarea pietrei dure, cuțite cu viteze mici de aşchiere	1,26...1,450,15...0,350,15...0,350,080,025					–
93	Burghie, tarozi, alezoare, freze, scule de gravat	1,10...1,250,15...0,300,20...0,400,04				0,50...0,80 Cr, max.0,35 Ni, 0,07...0,12 V, max.0,30 Cu	
94	Alezoare, freze, cilindri, poansoane, lame pentru foarfeci, matrițe de refulare la rece, scule pentru lemn, matrițe pentru tragere	0,80...1,000,15...0,400,20...0,600,04				0,80...1,50Cr, 0,20 V	

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
95	Filiere, calibre, șabloane, matrițe, ștanțe la rece	0,80...0,95	0,10...0,40	1,80...2,20	0,04	0,04	max.0,35 Cr, max.0,35 Ni, 0,05...0,20 V, max.0,30Cu
96	Tarozi, bancuri de filiere, burghie, broșe	1,00...1,10	0,10...0,40	0,80...1,10	0,04	0,04	0,90...1,10Cr, max.0,35 Ni, 1,00...1,30 W, max. 0,30 Cu
97	Matrițe mici pentru tragerea țevilor și a sârmei, calibre, scule, așchietoare pentru alamă	1,25...1,40	0,10...0,40	0,10...0,40	0,04	0,04	0,5...1,0 Cr, 3,50...4,00 W
98	Ferăstraie pentru metale, ștanțe de îndoit pentru foarfeci de tăiere la rece, matrițe de debavurat, scule pentru rulat filete, scule pentru extruziune	1,50...1,60	0,10...0,40	0,15...0,45	0,04	0,04	11,0...12,0Cr, max.0,35Ni, 0,60...0,80Mo, 0,90...1,10 V, max.0,30 Cu
99	Echipamente de sablare cu alic, matrițe pentru ambutisare foarte adâncă, matrițe pentru extrudarea materialelor ceramice, scule pentru polizare	2,15...2,50	0,30...0,80	0,30...0,80	0,04	0,04	0,80...1,30Mo, 3,75...5,00V, 0,95...1,30W

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
100	Dălți manuale și pneumatice, poansoane, scule de nituit, scule de tăiat în industria carboniferă, matrițe pentru debavurare și forjare, chei de piulițe, lame pentru foarfeci	0,52...0,60	1,40...2,00	0,60...1,00	0,04	0,04	max.0,30 Cr, max.0,30Ni,max. 0,25Cu
101	Buterole, dălți pneumatice, ștanțe, matrițe, scule pentru prelucrarea lemnului, matrițe pentru turnarea metalelor și aliajelor neferoase	0,40...0,50	0,80...1,10	0,20...0,40	0,04	0,04	0,90...1,20 Cr, max.0,35 Ni, 0,15...0,20 V, 1,80...2,20 W, max. 0,30 Cu
102	Lame de cuțit	0,42...0,50	max.1,00	max.1,00	0,035	0,03	13,8...15,0Cr, 0,45...0,60Mo, 0,10...0,15 V
103	Scule pentru precărări la rece, cuțite de balanță, instrumente medicale, rulmenți, piese supuse la uzură în mediu coroziv din industria minieră și petrolieră	0,85...0,95	max.1,00	max.1,00	0,035	0,035	17,0...19,0 Cr, 0,9...1,3 Mo, 0,07...0,12 V



Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
104	Scule de tăiere și instrumente chirurgicale	0,35...0,42	max.1,00	max.1,00	0,035	0,035	12,5...14,5Cr
105	Pile pentru prelucrarea materialelor nemetalice	0,40...0,65	0,30...0,50	0,50...0,70	0,05	0,05	–
106	Pile pentru prelucrarea metalelor	1,40...1,60	0,15...0,35	0,20...0,40	0,04	0,04	0,60...0,80 Cr
107	Pile pentru prelucrarea metalelor	1,30...1,50	0,15...0,30	0,20...0,40	0,04	0,04	–
108	Matrițe de turnare sub presiune a metalelor ușoare	0,36...0,42	0,90...1,20	0,30...0,50	0,04	0,04	4,80...5,50 Cr, max.0,35 Ni, 1,10...1,40Mo, 0,25...0,50 V, max. 0,30 Cu
109	Matrițe mari, matrițe pentru injectat mase plastice, nicovale mari, cilindri de laminor	0,50...0,60	0,10...0,40	0,50...0,80	0,04	0,04	0,50...0,80 Cr, 1,40...1,80Ni, 0,15...0,30Mo, max.0,30 Cu
110	Matrițe și dormuri pentru lucru la temperaturi de maximum 700°C, foarfeci și cuțite pentru tăiat la cald, scule de refulare la cald, elemente de matriță pentru turnare sub presiune	0,25...0,35	0,15...0,30	0,20...0,40	0,04	0,04	2,50...2,80Cr, max.0,35 Ni, 0,30...0,40 V, 8,00...9,00 W, max.0,30 Cu

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 7 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7
111	Matrițe mari care lucrează în condiții foarte grele	0,52...0,62	0,15...0,35	0,60...0,80	0,04	0,04	1,00...1,20 Cr, 1,60...1,90 Ni, 0,30...0,60Mo, 0,10...0,20 V, max.0,30 Cu
112	Burghie, scule de filetat, freze	0,70...0,78	max.0,45	max.0,40	0,04	0,04	3,80...4,50 Cr, 17,50...18,50W, max.0,60 Mo, 1,00...1,20 V
113	Cazane de abur cu presiunea sub 300 N/cm <sup>2</sup>	0,08...0,15	–	0,30...0,60	0,04	0,04	max.0,30 Cr

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 8

Nr. crt.	Varianta	Compoziția chimică, în %										Alte elemente chimice
		gangă (componentă minerală)	oxizi de fier reduși	C	S	P	Si	Mn				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Burete redus cu cărbune, India, [4]	4,7	4...12	0,15... 0,20	0,01	0,05	0,14... 0,25	0,35 ... 0,40				
2	Pellete reduse cu gaz metan, India,[4]	1,8...4,0	4...12	1,0...2,5	0,005... 0,015	0,02...0,04	0,14... 0,25	0,35 ... 0,40			Cu+Si+ Ni+Cr+ Mo=0,02	
3	Brichete reduse cu gaz metan, India,[4]	3,5...4,0	4...12	0,9...1,5	0,002... 0,006	0,02	0,14...0, 25	0,35 ... 0,40				
4	Burete de fier, Spania	ld***	ld	0,6	0,036	ld	ld				Fe <sup>*</sup> <sub>tot.</sub> =87,17; Fe <sup>**</sup> <sub>met.</sub> =81,17	

Calculul analitic al încărcăturii metalice

Tabelul 8 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Pulbere de fier, Ucraina	Id	Id	0,06...0,08	0,005... 0,008	0,010... 0,013	0,14... 0,18	0,35... 0,40	Fe=98,5...98,8 O <sub>2</sub> =0,4...0,5
6	Pulbere de fier, Ucraina	Id	Id	0,08...0,12	0,005... 0,008	0,010... 0,013	0,16... 0,20	0,35... 0,40	Fe=98,0...98,5; O <sub>2</sub> =0,5...0,7
7	Pulbere de fier, Ucraina	Id	Id	0,12...0,15	0,005... 0,008	0,010... 0,013	0,16... 0,25	0,35... 0,40	Fe=98,0...98,3
8	Pulbere de fier, Ucraina	Id	Id	max.0,25	0,005... 0,008	0,010... 0,013	0,20... 0,40	0,35... 0,40	Fe=min.96,0
9	Pulbere de fier, Ucraina	Id	Id	max.0,40	0,005... 0,008	0,010... 0,013	0,20... 0,40	0,35... 0,40	Fe=min.95,0
10	Burete de fier	Id	Id	0,06...0,4	0,005... 0,008	0,010... 0,015	0,14... 0,25	0,35... 0,40	Fe=95...98,8; O <sub>2</sub> =max.0,7
11	Brichete de fier (din pulbere de fier)	Id	Id	1,78	0,012	0,017	Id	Id	Fe <sub>tot</sub> =92,4; Fe <sub>met</sub> =88,3

\* = Fe<sub>tot</sub>\* = fier total = fier redus+fier rezidual (neredus);

\*\* = Fe<sub>met</sub>\*\* = fier metalic = fier redus;

\*\*\* = Id\*\*\*\* = lipsă de date.

încât crește durata de topire (în practică, este posibil ca masa specifică a fontei vechi să fie mai mică decât cea a buretelui de fier);

- prezența oxigenului în buretele de fier impune măsuri de reducere a acestuia, de exemplu, prin introducerea în încărcătură de materiale carbonice;

- dacă buretele de fier se achiziționează din import, de la distanțe foarte mari, costul lui poate deveni un obstacol în calea utilizării în încărcătură etc.

**f. șpan (strunjitură – așchii) și deșeuri de oțel ușoare**

Indiferent dacă o secție de turnătorie de fontă care elaborează fonta în cuptoare cu inducție este asociată sau nu cu o secție de prelucrări mecanice la o societate comercială, trebuie să ia în considerație și varianta de utilizare în încărcătura metalică de șpan/strunjitură de fontă și oțel.

Utilizarea de șpan în încărcătură este dictată de mai multe considerente, dintre care se precizează următoarele:

- suprafața șpanului este foarte mare ceea ce atrage după sine mărirea suprafeței de contact cu aerul din atmosfera cuptorului, adică cu oxigenul din respectivul aer, ceea ce mărește considerabil pierderile prin oxidare. Introducerea șpanului în baia metalică diminuează semnificativ pierderile prin oxidare, dar nu le elimină. O dată șpanul introdus în baia metalică, există și oxidarea elementelor chimice din compoziția chimică a șpanului cu oxidul feros dizolvat în baia metalică, dar și cu alți oxizi dizolvați în aceasta;

- șpanul de oțel are aspect lănos, ceea ce crează dificultăți la manevrare, impunându-se, în mod obligatoriu, presarea lui, adică existența unei instalații de presare – de balotare;

- șpanul conține, inevitabil, impurități a căror proveniență trebuie căutată în crusta aderentă de la suprafața pieselor turnate obținute prin turnare în forme temporare, uleiuri sau emulsii utilizate la mașinile unelte, substanțele utilizate pentru marcarea pieselor sau semifabricatelor ce urmează a fi prelucrate mecanic etc.;

– masa specifică este relativ mică, prin comparație cu fonta brută, fonta veche și deșeurile de fontă sau oțel, această situație însemnând prelungirea duratei de elaborare deoarece este nevoie de mai multe încărcări, astfel, crescând consumul de energie electrică – mărindu-se costul fontei obținute;

– valorificarea de către societatea comercială a șpanului prin vânzare poate fi costisitoare sau, din contra, poate fi eficientă;

– achiziționarea de către societatea comercială poate eficientă sau, din contra, ineficientă;

– cantitatea mare de șpan rezultată într-o societate comercială, prin costul corespunzător, poate determina micșorarea costului fontei obținute;

– cantitatea mică de șpan rezultată într-o societate comercială, nu justifică costul unei instalații de prelucrare a șpanului – prelucrare termică, chimică, geometrică etc.

Deșeurile de oțel ușoare reprezintă o noțiune relativă și se referă la fracțiunea de 800...1.300 kg/m<sup>3</sup>.

Împachetarea sau formarea de baloți a deșeurilor de oțel ușoare, [21], se face prin intermediul preselor hidraulice ale căror forțe de presare variază în intervalul 1.000...16.000 kN – sunt exploatate și treptele intermediare de forțe de presare de 2.500, 4.000 și 10.000 kN. În mod curent se utilizează presele cu forțele de presare de 4.000 kN. Astfel, se obțin 10...20 pachete/h, cu masa de 1.000...3.000 kg/bucată – masă specifică de 2.000...3.000 kg/m<sup>3</sup>.

O presă hidraulică are în dotare o cuvă de alimentare în care se introduc deșeurile de oțel ușoare. Prin intermediul unor pistoane acționate de pompe hidraulice, deșeurile de oțel ușoare sunt preluate din cuva de alimentare și sunt comprimate succesiv pe cele trei direcții până la dimensiunile finite ale balotului. O asemenea presă poate prelua și strunjituri lungi.

Împachetarea deșeurilor de oțel ușoare se poate realiza și cu prese mecanice, masa unui balot fiind de minimum 200 kg/bucată, [32].

Scopul împachetării este de a se evita încărcarea cuptorului în mai multe reprize, protejarea căptușelii refractare de impactul cu bucățile de deșeuri de oțel sub formă de proeminente ascuțite, eliminarea riscului cauzat de bucățile sub formă de recipiente închise etc.

Strunjiturile lungi de oțel – masa specifică 200...300 kg/m<sup>3</sup> – se sortează cu ajutorul unui tambur rotativ înclinat, prevăzut cu orificii, în așchii scurte având lungimea de maximum 50 mm și așchii lungi. Așchiile scurte sunt dirijate spre centrele siderurgice iar așchiile lungi sunt dirijate la împachetare cu deșeurile de oțel ușoare.

Pentru cuptoarele cu inducție cea mai indicată tehnologie de pregătire a strunjiturii de oțel este mărunțirea – cod P4 – 01, conform STAS 6058-78, [37], masa unei brichete fiind de maximum 2 kg/bucată.

Pentru mărunțirea strunjiturii de oțel se folosesc mori cu ciocane ce au productivitatea de 1...20 t/h.

Brichetele de strunjitură de oțel se obțin cu prese care au o productivitate de 1,5...10,0 t/h. Cu asemenea prese se obțin brichete cu masa în afara celei reglementate de STAS 6058-78, respectiv 3...20 kg/bucată (masa specifică a unei brichete depășesc chiar 4.000 kg/m<sup>3</sup>), asemenea brichete pretându-se pentru elaborarea în cuptoare cu inducție.

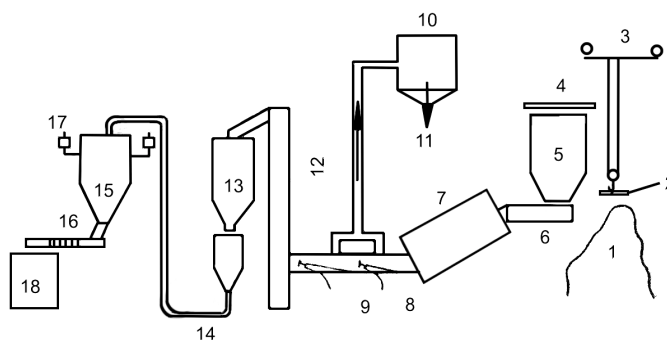
În timpul depozitării șpanului în aer are loc oxidarea lui deoarece suprafața lui este foarte mare iar aerul este umed (umiditatea medie, în România este de 10 g/m<sup>3</sup>N) – șpanul ruginește. Conform [19], rugina este formată din FeO·OH, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> și Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> iar conform [8] rugina este Fe(OH)<sub>3</sub>, adică se are în vedere că cea mai mare stabilitate chimică o au combinațiile fierului trivalent.

Rugina – Fe(OH)<sub>3</sub> – se transformă în aer în Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> iar în cuptor, datorită temperaturii mari, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se disociază în Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> și O<sub>2</sub> iar ulterior, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> se disociază în FeO și Fe, FeO fiind periculos deoarece interacționează cu SiO<sub>2</sub> din căptușeala acidă a cuptorului, distrugând-o treptat. Micșorarea durabilității căptușelii impuse ca

șpanul de fontă să suporte o procesare complexă, conform unui flux tehnologic asigurat de o instalație ca aceea prezentată în figura 5.

Procesarea șpanului de fontă determină eliminarea oxizilor de fier din el. Concret, rugina se transformă în  $Fe_2O_3$  în aerul atmosferic iar  $Fe_2O_3$  este disociat, în cuptorul 7 din figura 5, în  $Fe_3O_4$  și  $O_2$ .  $Fe_3O_4$  se desprinde ușor de partea metalică prin intermediul unui jet de aer. După o asemenea procesare, conținutul de oxizi de fier din șpanul de fontă se situează în intervalul 0,1...1,5%.

Dacă șpanul de fontă nu este procesat ca mai sus, rezultă o cantitate mare de  $FeO$  în zgură – 16,0...24,8%, conform [8], pentru o situație dată –, situație în care pierderile totale prin oxidare, în timpul elaborării, se situează în intervalul 0,5...8,9%, asemenea dezavantaj, însă, eliminându-se în mare parte prin utilizarea în încărcătură de materiale reducătoare, așa cum se va prezenta în această monografie.



**Fig. 5. Schema unei instalații complexe de procesare a șpanului de fontă:**

1 – șpan brut; 2 – disc magnetic; 3 – pod rulant; 4 – ciur; 5 – siloz de depozitare; 6 – alimentator; 7 – cuptor de uscare rotativ; 8, 9 – conveiere de răcire; 10 – siloz de stocare îndelungată; 11 – conveior de evacuare; 12 – elevator; 13 – siloz de serviciu pentru șpan uscat; 14 – transportor pneumatic către cuptorul cu inducție; 15 – siloz de recepție și cântărire; 16 – dozator; 17 – instalație de cântărire; 18 – cuptor cu inducție.



Așadar, încărcătura metalică poate avea un sort metalic în cazul în care cuptorul electric funcționează la frecvență medie și mare. În cazul în care cuptorul electric funcționează la frecvența rețelei, încărcătura metalică este formată din două sorturi, unul fiind fonta lichidă remanentă iar celălalt fiind sortul metalic adăugat. În ambele situații, criteriul de alegere a unicului sort metalic este proporția de siliciu din încărcătură sub formele  $\langle \%Si \rangle$  – relația (27) –, în cazul cuptoarelor cu frecvență medie și mare, respectiv  $\langle \%Si_{ad} \rangle$  – (41) –, în cazul cuptoarelor cu frecvența rețelei, trebuind ca  $\langle \%Si \rangle$  și  $\langle \%Si_{ad} \rangle$  să se încadreze între limitele minimă și maximă ale conținutului de siliciu ale sortului metalic vizat.

Tipurile de sorturi metalice propuse a fi alese – tabelele 5, 6, 7 și 8 – sunt orientative, cu scop didactic. La scară industrială se va ține seama de oferta existentă pe piață, ofertă posibilă prin reclamă de diverse tipuri, pe internet etc.

Calculul analitic rămâne în toate cazurile orientativ, deoarece compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată este certificată doar de efectuarea analizei compoziției chimice prin metode fizice și chimice. Dacă un agent economic nu dispune de o modalitate de determinare rapidă a compoziției chimice, el nu poate aborda elaborarea unei fonte într-o competiție atât de acerbă cum este cea în care își desfășoară activitatea societățile comerciale. Prin urmare, determinarea compoziției chimice a băii metalice în momentele oportune, rămâne singurul factor care validează compoziția chimică a fontei elaborată în cuptor.

#### **2.1.1.1.a.2. Căptuseală refractară neutră**

Căptuseala refractară granulară de natură chimică neutră se întâlnește atât la cuptoarele cu creuzet cât și la acelea fără creuzet.

Calculul siliciului din încărcătură se face ca și în cazul cuptoarelor căptușite acid respectiv conform relațiilor (27) și (42).

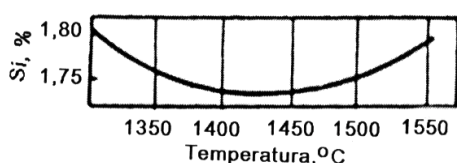
Componentul de bază al căptușelii neutre este  $Al_2O_3$ , acest component fiind secondat până la 100% de  $SiO_2$ , în principal.

O zgură rezultată într-un cuptor căptușit neutru are, de exemplu, următoarea compoziție chimică: 40%  $Al_2O_3$ , 10%  $SiO_2$ , 3%  $CaO$ , 2%  $MgO$  și 45%  $FeO$ .

Prin urmare,  $SiO_2$  din căptușeala neutră este nelegat chimic, în timp ce în zgură,  $SiO_2$  este legat chimic de  $FeO$  ce este în proporție mai mare decât  $SiO_2$ , dar și de  $CaO$  și  $MgO$ . De aici rezultă că reacțiile chimice (2) și (6) se desfășoară semnificativ sau deloc, adică nu este posibilă regenerarea siliciului din zgură, indiferent de cantitatea ei. În schimb, este posibilă regenerarea siliciului din căptușeala refractară, conform reacțiilor chimice (3), (7) și (8).

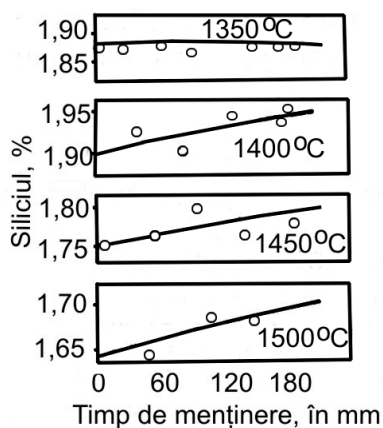
Dacă fonta este supraîncălzită la temperaturi cuprinse în intervalul  $1.450...1.500^{\circ}C$ , datorită desfășurării reacțiilor chimice (3), (7) și (8), siliciul este regenerat din căptușeala neutră cu o viteză de  $0,013...0,017\%$   $Si/h$ . Conform [8], regenerarea siliciului din căptușeală se declanșează la temperatura de  $1.400^{\circ}C$ . De exemplu, într-un cuptor cu creuzet căptușit neutru (căptușeală formată din disten-silimanit și corindon) cu capacitatea de 2,5 t, în cazul menținerii fontei în stare lichidă la temperaturi cuprinse în intervalul  $1.400...1.500^{\circ}C$ , viteza de regenerare a siliciului este de  $0...5 \cdot 10^{-4}\%$   $/min$ , adică  $0...0,0312\%/h$ . De asemenea, cu titlul de exemplu este și figura 6, în care, pentru o fontă dată, se prezintă variația conținutului de siliciu din baia de fontă în timpul menținerii acesteia în stare lichidă, timp de 46 min., în funcție de temperatura de menținere, în cazul unui cuptor cu capacitatea de 2,5 t și ce funcționează la frecvența de 2.500 Hz. Pentru aceeași capacitate a cuptorului, însă, la frecvența de 50 Hz, se prezintă în figura 7 variația conținutului de siliciu din baia de fontă în funcție de durata de menținere, la temperaturile  $1.350^{\circ}C$ ,  $1.400^{\circ}C$ ,  $1.450^{\circ}C$  și  $1.500^{\circ}C$ . Se observă din figura 7 că o dată cu creșterea timpului de menținere în stare lichidă, crește și cantitatea de siliciu din baia metalică, cu atât mai mult cu cât temperatura de menținere este mai mare, dacă temperatura de menținere este cuprinsă în intervalul  $1.400...1.500^{\circ}C$ . Dacă temperatura de menținere este de  $1.350^{\circ}C$ , se observă că proporția de

siliciu din baia de fontă se menține relativ constantă, adică procesul de regenerare a siliciului din căptușeala refractară este nesemnificativ.



**Fig.6. Variația conținutului de siliciu din baia de fontă în timpul menținerii timp de 46 min. la diverse temperaturi – cuptor cu capacitatea de 2,5 t și la frecvența 2.500 Hz.**

Estimativ, se consideră că procesul de regenerare a siliciului din căptușeala refractară în baia metalică este mai slab decât cel constatat la căptușeala acidă cu circa 50% și este în funcție de compoziția chimică a căptușelii, refractare.



**Fig. 7. Variația conținutului de siliciu din baia de fontă în funcție de timpul de menținere și de temperatura de menținere, în cazul unui cuptor cu capacitatea de 2,5 t, căptușit neutru și ce funcționează la frecvența rețelei (50 Hz).**

Deoarece factorii ce influențează oxidarea siliciului sunt aceiași ca acei întâlniți la căptușeala acidă, rezultă că ordinul de mărime al pierderilor de siliciu prin oxidare este același cu cel întâlnit în cazul căptușelii acide.

### **2.1.1.1.a.3. Căptușeala refractară bazică**

Literatura de specialitate prezintă date puține despre procesele metalurgice care au loc în timpul elaborării fontei în cuptoare cu inducție căptușite bazic.

Dacă sursa bibliografică [9] nu recomandă pentru elaborarea fontei cuptoarele căptușite bazic, în schimb, sursa bibliografică [15] recomandă elaborarea fontei cu grafîit compact/vermicular în cuptoare cu creuzet căptușite bazic.

Deoarece  $\text{SiO}_2$  din zgură este legat chimic de către oxizii bazici iar căptușeala refractară nu conține  $\text{SiO}_2$  liber, nelegat chimic sau  $\text{SiO}_2$  lipsește din căptușeală, este exclusă regenerarea siliciului din zgură și căptușeală în baia metalică.

Calculul siliciului din încărcătură se calculează cu relațiile (27) sau (42).

### **2.1.1.1.b. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din două sorturi metalice**

Se notează cu A și B cele două sorturi metalice din încărcătură.

În cazul în care cuptorul funcționează la frecvența rețelei, adică dispune de o baie de fontă lichidă remanentă, se consideră că cele două sorturi metalice A și B se imersează în baia remanentă.

Există două modalități de calcul analitic, respectiv considerându-se siliciul ca element chimic ce determină calculul proporțiilor din încărcătură al celor două sorturi metalice și considerându-se siliciul împreună cu manganul pentru același calcul.

#### **2.1.1.1.b.1. Calculul analitic al proporțiilor de A și B, utilizându-se siliciul ca element de referință**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice se face distinct, după cum cuptorul funcționează la frecvență medie sau mare și după cum cuptorul funcționează la frecvența rețelei.

**2.1.1.1.b.1.a. Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare**

Calculul proporțiilor de sorturi A și B – %A și %B – se realizează prin rezolvarea sistemului (45), sistem de două ecuații și două necunoscute – prima ecuație reprezentând o ecuație de bilanț a siliciului iar cea de a doua ecuație reprezentând suma proporțiilor de A și B care este de 100.

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B = 100 < \%Si > \\ \%A + \%B = 100 \end{cases} \quad (45)$$

în care %Si<sub>A</sub> reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic A; %Si<sub>B</sub> – proporția de siliciu din sortul metalic B; <%Si> – proporția de siliciu din încărcătură.

Proporția de siliciu din încărcătură se calculează cu relația (27).

Sorturile metalice se aleg din tabelele 5, 6, 7 și 8 sau din alte surse, menționându-se, încă o dată, că deșeurile proprii reprezintă fonta propusă a fi elaborată sau combinații de fonte ce intră în programul de fabricație al turnătoriei, așa cum s-a prezentat un exemplu la paragraful 2.1.1.1.a.

Criteriile de alegere sunt următoarele:

– Conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (46);

$$\%Si_A < <\%Si> \text{ și } \%Si_B < <\%Si> \quad (46)$$

– Conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mari decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (47);

$$\%Si_A > <\%Si> \text{ și } \%Si_B > <\%Si> \quad (46)$$

- Sistemul trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;
- Literatura de specialitate indică o influență mică a fenomenului de ereditate metalurgică în cazul elaborării fontei în cuptoare electrice cu încălzire prin inducție, atât datorită curenților din baia metalică cauzăți de forțele de atracție electrodinamică cât și datorită gradului mare de supraîncălzire în stare lichidă ce se poate obține. Însă, unele caracteristici ale sorturilor metalice se transmit fontei de a doua fuziune și în cazul elaborării în cuptoare cu inducție – cazul unor incluziuni nemetalice greu fuzibile sau chiar al gazelor etc. Prin urmare, se recomandă să se aibă în vedere și fenomenul de ereditate metalurgică;

- Costul sorturilor metalice. Matricea concurențială și a sectorului de piese turnate de fontă obligă la măsuri de eficientizare a elaborării fontei, la alegerea de sorturi metalice cu costuri minime;

- Sorturile metalice nu trebuie să determine cheltuieli mari cu procesarea băii metalice în cuptor sau în afara cuptorului. Concret, trebuie să se evite, atât cât este posibil, desulfurarea, defosforarea, afinarea, diluarea, corectarea prin adaos a unor elemente chimice însoțitoare de bază, carburarea etc.;

- Sorturile metalice nu trebuie să determine cheltuieli mari cu corectarea structurii metalografice, prin tratament termic secundar, a pieselor turnate etc.;

În toate cazurile de calcul analitic, chiar dacă rezultă proporțiile de sorturi metalice ce se introduc în încărcătură, determinarea compoziției chimice a băii metalice rămâne singura modalitate de confirmare a compoziției chimice, evacuarea fontei din cuptor realizându-se numai atunci când compoziția chimică corespunde.

$\%Si_A$  și  $\%Si_B$  se calculează ca fiind media aritmetică a limitelor minimă și maximă ale conținuturilor respective. Dacă proporția de siliciu ar fi reprezentată printr-un maximum, se recomandă să se considere  $1/2$  din valoarea maximă respectivă.

De exemplu, dacă  $\%Si_A = 1,8$ ,  $\%Si_B = 2,3$  și  $\langle \%Si \rangle = 2$ ,

sistemul (45) capătă forma (48), cu soluția %A = 60 și %B = 40.

$$\begin{cases} \%A \cdot 1,8 + \%B \cdot 2,3 = 100 \cdot 2 \\ \%A + \%B = 100 \end{cases} \quad (48)$$

În cuptoarele cu creuzet se pot elabora toate categoriile de fontă din punctul de vedere al carburării, adică se pot elabora fonte normale, sintetice și semisintetice.

În cazul elaborării fontelor normale, cantitatea de deșuri de oțel în încărcătura metalică, conform [10], este de 40...70%, ceea ce înseamnă, de exemplu, că unul din sorturile A și B este reprezentat de deșeurile de oțel. Fiindcă proporția de deșuri de oțel se cunoaște, înseamnă că sistemul (45) se rezumă la alegerea sortului A din punctul de vedere al conținutului de siliciu – al asigurării proporției de siliciu total din încărcătură.

Proporția de deșuri de oțel se alege către limita minimă în cazul în care conținutul de carbon din fonta propusă a fi elaborată are valori mari și se alege către limita maximă dacă proporția de carbon din fonta propusă a fi elaborată are valori mici. De exemplu, dincolo de ceea ce reglementează standardul român SR ISO 185 pentru fonta cenușie, standard care nu reglementează compoziția chimică și standard care definește mărcile 100, 150, 200, 250, 300 și 350 doar în funcție de rezistența la tracțiune determinată pe probe turnate separat sau atașate la piesă, trebuie să se apeleze la literatura de specialitate – de exemplu, [32] – care prezintă orientativ, compoziții chimice. Concret, pentru marca de fontă cenușie 200, pentru piese cu pereți a căror grosime este mai mică sau egală de 20 mm, sursa [32] recomandă următoarea compoziție chimică: 3,2...3,5%C, 2,0...2,3%Si, 0,5...0,8%Mn, max. 0,65%P și max. 0,14%S. O asemenea fontă este considerată ca având un conținut mare de carbon, așa încât se va stabili proporția de deșuri de oțel de 40%, adică minimă față de intervalul recomandat de literatura de specialitate.

Ca regulă, aproape generală, utilizarea în încărcătură de

minimum 40% deșeuri de oțel impune obligativitatea carburării încărcăturii metalice – a fontei –, indiferent de tipul cuptorului cu inducție, indiferent de mărimea frecvenței curentului.

Utilizarea de minimum 40% deșeuri de oțel în încărcătura metalică determină obținerea de caracteristici mecanice de rezistență superioare, respectiv, cu atât mai mult se vor îndeplini condițiile impuse de standarde, condiții care vizează mai mult caracteristicile mecanice de rezistență, proprietățile de plasticitate și structura metalografică. Există și standarde care reglementează și compoziția chimică. O asemenea proporție de deșeuri de oțel impune asigurarea condițiilor ecologice pe care le reclamă carburarea fontei, adică dotarea cuptorului – a platformei pe care sunt amplasate cuptoarele – cu hote de aspirație corespunzătoare și prevăzute cu instalații de filtrare a gazelor care se degajă în cantitate mare.

Proporția de deșeuri de oțel în încărcătură se asigură relativ ușor deoarece și disponibilitatea pe piața de deșeuri metalice a deșeurilor de oțel este mare. În plus, există disponibile materiale de carburare ce au influențe multiple în ceea ce privește mărirea calității fontei obținute – a pieselor turnate obținute. Aceste două specificații recomandă de la sine, utilizarea pentru elaborarea fontelor normale (nu sintetice, nu semisintetice) a deșeurilor de oțel în încărcătura metalică, în proporție de 40...70%.

Proporția de deșeuri de oțel se poate alege în încărcătura metalică și sub limita inferioară de 40%, adică se poate calcula prin rezolvarea sistemului (45) și, mai mult, încărcătura metalică se poate alcătui în absența deșeurilor de oțel. Dacă se face referință la marca de fontă 200 – SR ISO 185 – aceasta se poate obține și din încărcături metalice fără deșeuri de oțel sau cu deșeuri de oțel în proporție mai mică de 40%.

Așa cum se poate impune cantitatea de deșeuri de oțel în încărcătură, și cantitatea de deșeuri de fontă – așa numitele deșeuri proprii – se poate impune, existând aceleași simplificări ale calculului încărcăturii metalice.



**2.1.1.1.b.1.b. Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei**

Păstrându-se notațiile anterioare, proporțiile de sorturi A și B se determină prin rezolvarea sistemului (49).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%FR \cdot <\%Si_{rem.}> = 100 \cdot <\%Si_{total}> \\ \%A + \%B + \%FR = 100 \end{cases} \quad (49)$$

În cazul în care proporția de fontă lichidă remanentă este de 30% din capacitatea cuptorului, sistemul (49) devine de forma (50).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + 30 \cdot <\%Si_{rem.}> = 100 \cdot <\%Si_{total}> \\ \%A + \%B = 70 \end{cases} \quad (50)$$

Sorturile metalice A și B se aleg ținând cont de următoarele condiții:

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici decât

$\left( <\%Si_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \right)$  adică nu trebuie îndeplinită

asocierea de inegalități (51);

$$\begin{aligned} \%S_A << <\%Si_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \\ \text{și} \\ \%S_B << <\%Si_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}. \end{aligned} \quad (51)$$

În cazul în care  $\%FR = 30$ , conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici decât  $(<\%Si_{total}> - 0,3 <\%Si_{rem.}>)$ ;

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mari decât  $\left[ <\%Si_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.>}}{100} \right]$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (52);

$$\begin{aligned} \%Si_A > <\%S_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.>}}{100} \\ \text{și} \\ \%Si_B > <\%S_{total}> - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.>}}{100}. \end{aligned} \quad (52)$$

În cazul în care  $\%FR = 30$ , conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie amândouă mai mari decât  $<\%Si_{total}> - 0,3<\%Si_{rem.>$ ;

– sistemul (49) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;

– celelalte condiții sunt cele prezentate la paragraful 2.1.1.1.b.1.a.

Dacă se impune cantitatea de deșuri de oțel în încărcătura metalică, rezolvarea sistemelor (49) sau (50) se rezumă la alegerea unui sort metalic, avându-se la bază asigurarea proporției de siliciu din încărcătura adăugată în cuptor calculată cu relațiile (41) sau (42).

Utilizarea sau nu a deșurilor de oțel în încărcătura metalică adăugată în baia metalică remanentă generează aceleași aspecte ca acelea prezentate la paragraful 2.1.1.1.b.1.a.

Și cantitatea de deșuri de fontă – deșeurile proprii – poate fi impusă, ceea ce creează o situație echivalentă cu aceea în care se impune cantitatea de deșuri de oțel.

**2.1.1.1.b.2. Calculul analitic al proporțiilor de A și B, utilizându-se siliciul și manganul ca elemente chimice de referință**

În cazul în care calculul analitic al proporțiilor de A și B se face luându-se siliciul ca element chimic de referință, una din condițiile pe care trebuia să le îndeplinească cele două sorturi metalice A și B era ca cheltuielile de procesare a băii metalice să fie minime, Dacă pe lângă siliciu se consideră și manganul ca element chimic de referință, rezultă că crește probabilitatea de a se micșora cheltuielile de procesare a băii metalice deoarece nu mai trebuie asigurată corectarea conținutului de mangan, conținutul de mangan fiind asigurat de către cele două sorturi metalice din încărcătură.

Dacă în cazul în care se lua siliciul ca referință, sistemul ce trebuia rezolvat era format dintr-o ecuație ce reprezenta bilanțul siliciului și dintr-o ecuație ce reprezenta suma proporțiilor celor două sorturi metalice, în cazul în care se consideră ca referință elementele chimice siliciul și manganul, proporțiile de sorturi metalice A și B se determină prin rezolvarea unui sistem format din două ecuații reprezentând bilanțurile siliciului și manganului.

Calculul analitic se face în mod distinct, după cum cuptorul funcționează la frecvență medie sau mare, pe de o parte, și la frecvență mică pe de altă parte.

#### **2.1.1.1.b.2.a. Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare**

Calculul analitic al proporțiilor de sorturi A și B – %A și %B – se realizează prin rezolvarea sistemului (53).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B = 100 < \%Si > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B = 100 < \%Mn >, \end{cases} \quad (53)$$

în care %Mn<sub>A</sub> reprezintă proporția de mangan din sortul metalic A; %Mn<sub>B</sub> – proporția de mangan din sortul metalic B; <%Mn> – proporția de mangan din încărcătură.

Proporția de mangan din încărcătură se calculează cu relația (54).

$$\langle \%Mn \rangle = \frac{[\%Mn]}{100 - \%a_{Mn}} \cdot 100, \quad (54)$$

în care  $[\%Mn]$  reprezintă proporția de mangan din fonta propusă a fi elaborată iar  $\%a_{Mn}$  reprezintă proporția de mangan ce se pierde prin oxidare în timpul elaborării.

Pierderile de mangan prin oxidare sunt, în general, cuprinse în intervalul 2...15%, [8]. De exemplu, dacă arderea manganului este de 11% și dacă proporția de mangan din fonta propusă a fi elaborată este de 1,3, proporția de mangan din încărcătură are valoarea

$$\langle \%Mn \rangle = \frac{1,3}{100 - 11} \cdot 100 = 1,46 \quad (55)$$

Proporția de mangan ce se pierde prin oxidare este în funcție de natura chimică a căptușelii refractare.

#### a.1. Căptușeală acidă

Proporția de mangan care arde în timpul elaborării se poate determina cu relația (56).

$$\%a_{Mn} = \%a_{Mn, T < 1.350} + \tau \cdot \%a_{Mn, 1.350 < T < 1.550}, \quad (56)$$

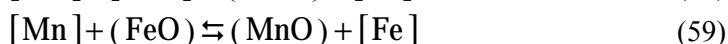
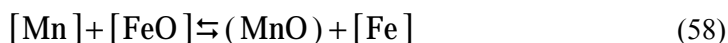
în care  $\%a_{Mn, T < 1.350}$  reprezintă proporția de mangan care arde în timpul topirii și în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă până la temperatura de 1.350°C;  $\tau$  – timpul de menținere a fontei în stare lichidă în intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C, în h;  $\%a_{Mn, 1.350 < T < 1.550}$  – proporția de mangan ce se oxidează în timpul menținerii fontei în stare lichidă în unitatea de timp (într-o oră), în

intervalul de temperaturi 1.350...1.550<sup>0</sup>C. Pentru cinci temperaturi sunt consemnate pierderile prin oxidare în timpul menținerii fontei în stare lichidă într-o oră, în tabelul 4 (de asemenea, în tabelul 4 se prezintă și pierderile de mangan prin oxidare în timpul topirii și supraîncălzirii fontei în stare lichidă până la temperatura de 1.350<sup>0</sup>C). De exemplu, dacă fonta este supraîncălzită în stare lichidă la temperatura de 1.450<sup>0</sup>C iar durata de menținere la această temperatură este de 1,25 ore, proporția de mangan ce se pierde prin oxidare, conform tabelului 4, este următoarea:

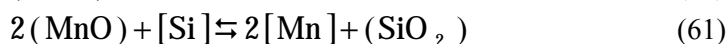
$$\%a_{Mn} = 1,4 + 1,25 \cdot 0,61 = 2,16. \quad (57)$$

Pierderile de mangan prin oxidare depind, în principal, de următorii factori:

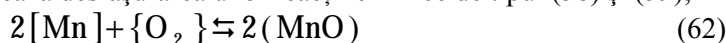
– conținutul de FeO din baia metalică și zgură. Afinitatea chimică față de oxigen a manganului este mai mare decât cea a fierului, ceea ce înseamnă că oxidarea manganului are loc conform reacțiilor chimice (58) și (59). În condiții normale de lucru, reacția chimică (59) se desfășoară mai puțin intens deoarece zgura este mai puțin activă din punct de vedere metalurgic.



Deoarece zgura are temperatura mică, este relativ inactivă din punct de vedere metalurgic, așa încât reacții chimice de tipul (60) și (61) nu au loc. În plus, în zgura acidă MnO este legat chimic de SiO<sub>2</sub> sub formă de silicați de tipul x(MnO) · SiO<sub>2</sub>.



– gradul de agitare al băii metalice (brasajul). Cu cât brasajul este mai mare, cu cât baia metalică este descoperită mai mult de zgură, ceea ce înseamnă că intră în contact cu o cantitate mai mare de oxigen, este posibilă oxidarea manganului conform reacției chimice (62) și este posibilă oxidarea unei cantități mai mari de fier, ceea ce influențează desfășurarea unor reacții chimice de tipul (58) și (59);



– conținutul de mangan din încărcătura metalică. Cu cât conținutul de mangan din încărcătura metalică este mai mare, cu cât mai mari sunt pierderile prin oxidare, reacțiile chimice (58) și (59), de exemplu, desfășurându-se mai intens;

– conținutul de siliciu din încărcătura metalică. Siliciul are afinitatea chimică față de oxigen mai mare decât a manganului, așa încât el poate fi considerat un element chimic “protector” al manganului împotriva oxidării acestuia;

– bazicitatea zgurii. Cu cât bazicitatea zgurii este mai mică, cu atât proporția de MnO, nelegată chimic în zgură de SiO<sub>2</sub> este mai mică, ceea ce diminuează intensitatea de desfășurare a reacțiilor chimice (60) și (61) sau le inhibă, chiar dacă se asigură printr-un mijloc consacrat micșorarea viscozității zgurii;

– dimensiunile bucățile de metal ale sorturilor metalice din încărcătură. Cu cât dimensiunile respective sunt mai mari, cu atât suprafața specifică a bucăților este mai mică și cu atât suprafața dintre reactanții reacțiilor chimice (58), (59) și (62), de exemplu, se micșorează, pierderile de mangan prin oxidare fiind mai mici. Dacă o încărcătură metalică ce conține bucăți de sorturi metalice de dimensiuni obișnuite are o suprafață specifică de 2...80 mm<sup>2</sup>/g, o încărcătură metalică constituită din șpan are suprafața specifică de 140...170 mm<sup>2</sup>/g;

– gradul de oxidare al încărcăturii metalice. Cu cât gradul de oxidare este mai mare, cu atât mai mare este cantitatea de FeO din baia metalică și din zgură și cu atât mai mari sunt pierderile de

mangan prin oxidare. Din tabelul 2 se observă că, pentru o fontă dată, în cazul unei încărcături metalice cu până la 60% șpan, dacă încărcătura metalică este neoxidată, pierderile de mangan prin oxidare sunt de 6,3% iar dacă încărcătura este oxidată, pierderile de mangan prin oxidare sunt de 18%, adică de circa trei ori mai mari decât în cazul în care încărcătura metalică era neoxidată;

– temperatura băii metalice. Cu cât temperatura băii metalice este mai mare cu atât pierderile de mangan prin oxidare sunt mai mari. Creșterea temperaturii băii metalice determină și creșterea temperaturii zgurii, ceea ce o face mai activă din punct de vedere metalurgic, reacția chimică (59) având condiții de desfășurare mai bune.

Mărirea pierderilor de mangan prin oxidare o dată cu mărirea temperaturii de supraîncălzire se constată din tabelul 4;

– durata de menținere în stare lichidă a fontei. Cu cât durata de menținere în stare lichidă a fontei este mai mare, cu atât mai mari sunt pierderile de mangan prin oxidare. Influența duratei de menținere în stare lichidă se observă din relația (56) și este dată de produsul  $\tau \cdot \%a_{Mn, 1.350 < T < 1.550}$  ce exprimă proporția de mangan ce se pierde prin oxidare în timpul de menținere în stare lichidă a fontei  $\tau$ .

Creșterea pierderilor de mangan este justificată de creșterea timpului de contact din reactanții reacțiilor chimice (58), (59) și (62), de exemplu etc.

### **a.2. Căptușeală neutră**

Conform [8] o zgură neutră, de exemplu, conține 10% SiO<sub>2</sub>, 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 45% (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 2% MgO și 3% CaO, adică un conținut mic de SiO<sub>2</sub> (datele se referă la o zgură finală). Prin urmare, în timpul elaborării este posibil ca să existe în zgură MnO nelegat chimic de SiO<sub>2</sub>. În felul acesta, reacții chimice de tipul (60) și (61) au posibilitatea să se desfășoare, de exemplu, ceea ce înseamnă că pierderile de mangan prin oxidare sunt mult mai mici decât în cazul

căptușelii acide. Din exemplul de compoziție de zgură dat anterior, rezultă, de exemplu, chiar pierderi nule de mangan prin oxidare.

La modul general, se poate considera că arderea manganului în timpul elaborării se poate considera absentă.

### **a.3. Căptușeală bazică**

Zgura rezultată, în cazul unei bazicități de 2,0...2,5 are un conținut mic de  $\text{SiO}_2$ , aceasta fiind legat chimic de  $\text{CaO}$  și  $\text{FeO}$ , dar și de  $\text{MnO}$ , oricum  $\text{MnO}$  fiind relativ liber, nelegat chimic, ceea ce creează condiții de desfășurare a reacțiilor chimice (60) și (61), de exemplu. Așa se consideră că pierderile de mangan prin oxidare sunt mult mai mici decât în cazul căptușelii acide. Dacă o zgură bazică poate conține 1%  $\text{MnO}$ , înseamnă că pierderile de mangan prin oxidare se pot neglija.

Sorturile metalice A și B, în vederea rezolvării sistemului (53) se aleg ținându-se seama de următoarele restricții:

– Conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie amândouă mai mici decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (46);

– Conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie amândouă mai mari decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (47);

– Sistemul (53) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;

– Conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (63);

$$\%Mn_A < <\%Mn> \text{ și } \%Mn_B < <\%Mn> \quad (63)$$

– Conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mari decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (64);



$$\%Mn_A > <\%Mn> \text{ și } \%Mn_B > <\%Mn> \quad (64)$$

– Cele două ecuații ale sistemului (53) nu trebuie să fie identice;

$$- \%A + \%B = 100;$$

– Celelalte restricții ce se pun sunt cele de la rezolvarea sistemului (45).

În cazul în care calculul celor două sorturi metalice se face prin intermediul sistemului (53), este dificil de impus o anumită cantitate de deșeuri de oțel în încărcătură, deoarece este posibil ca una din ecuațiile sistemului (53) – sau amândouă – să nu poată să fie îndeplinită. În schimb, se poate impune calitatea deșeurilor de oțel astfel încât sistemul (53) să poată fi rezolvat în circumstanțele prezentate la paragraful 2.1.1.1.b.2.a.

De asemenea, este dificil de impus și o anumită cantitate de deșeuri de fontă – deșeuri proprii – din aceleași motive ca acelea arătate anterior. Se precizează că în sistemul (53) pot figura și deșeurile de fontă.

Nu se exclude situația ca sistemul (53) să conțină deșeuri de oțel și deșeuri de fontă.

#### **2.1.1.1.b.2.b. Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei**

Calculul analitic al proporțiilor de sorturi A și B – %A și %B – se realizează prin rezolvarea sistemului (65).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + FR \cdot <\%Si_{rem.}> = 100 \cdot <\%Si_{total}> \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%FR \cdot <\%Mn_{rem.}> = 100 \cdot <\%Mn_{total}> \end{cases} \quad (65)$$

în care  $<\%Mn_{rem.}>$  reprezintă proporția de mangan din fonta lichidă remanentă;  $<\%Mn_{total}>$  – proporția de mangan total din încărcătură ce se determină cu relația (66).

$$\langle \%Mn_{total} \rangle = \%FR \frac{\langle \%Mn_{rem.} \rangle}{100} + (100 - \%FR) \frac{\langle \%Mn_{ad.} \rangle}{100}, \quad (66)$$

în care  $\langle \%Mn_{ad.} \rangle$  reprezintă proporția de mangan din încărcătura adăugată în cuptor.

Proporția de mangan total din încărcătură se determină cu relația (67).

$$\langle \%Mn_{total} \rangle = \frac{[\%Mn]}{100 - \%a_{Mn}^*}, \quad (67)$$

$\%a_{Mn}^*$  calculându-se relativ cu formula (68).

$$\%a_{Mn}^* = \left( \frac{100 - \%FR}{100} \right) \cdot \%a_{Mn, T < 1.350} + \tau' \cdot \%a_{Mn, 1.350 < T < 1.550}, \quad (68)$$

de această dată  $\tau'$  făcând referință la timpul de menținere în stare lichidă a fontei lichide provenită din topirea și supraîncălzirea sorturilor metalice A și B adăugate (imersate) în baia de fontă remanentă, în intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C, în h. De exemplu, dacă  $\tau' = 2h$ ,  $\%FR = 30$  iar temperatura de menținere în stare lichidă este de 1.450°C, conform tabelului 4,  $\%a_{Mn}$  are valoarea dată de relația (69).

$$\%a_{Mn}^* = \left( \frac{100 - 30}{100} \right) 0,58 + 1 \cdot 0,61 = 1,02 \quad (69)$$

Sursa bibliografică [8] indică pentru un cuptor cu căptușeală neutră (42% disten-silimanit cu granulația 0,1...0,16 mm, 42% corund

– corindon – granulația mai mare de 1,25 mm și 16% disten – silimanit sub formă de praf), capacitatea de 2,5 t, în cazul unei mențineri de 3 h la temperatura fontei lichide de 1.500°C, o ardere a manganului de 2,7%. În aceleași circumstanțe de parametri, însă, în cazul unei căptușeli acide, datele din tabelul 4 conduc prin intermediul relației (70) la următoarele pierderi de mangan prin oxidare:

$$\% a_{Mn}^* = \left( \frac{100 - 30}{100} \right) 0,58 + 3 \cdot 1,35 = 4,46 \quad (70)$$

adică mai mari decât în cazul căptușelii neutre, ceea ce este în consens cu precizările de la paragraful 2.1.1.1.b.2.a (a.2 Căptușeala neutră).

Se precizează că  $\langle \%Si_{total} \rangle$  se calculează cu relația (38), precizându-se că  $\tau'$  reprezintă timpul de menținere în stare lichidă a fontei lichide provenită din topirea și supraîncălzirea celor două sorturi metalice adăugate (imersate) în baia de fontă remanentă, în intervalul de temperaturi 1.350...1.550°C.

Sorturile metalice A și B se aleg ținând cont de următoarele restricții:

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici decât  $\langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (71);

$$\%Si_A \ll \langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$$

și

$$\%Si_B \ll \langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$$

(71)

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mari decât  $\langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (72);

$$\%Si_A > \langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$$

și

$$\%Si_B > \langle \%Si_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Si_{rem.} \rangle}{100}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mici de  $\langle \%Mn_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Mn_{rem.} \rangle}{100}$ , adică nu trebuie îndeplinite asocierea de inegalități (73);

$$\%Mn_A < \langle \%Mn_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Mn_{rem.} \rangle}{100}$$

și

$$\%Mn_B < \langle \%Mn_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Mn_{rem.} \rangle}{100}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A și B nu trebuie să fie, amândouă, mai mari de  $\langle \%Mn_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%Mn_{rem.} \rangle}{100}$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (74);

$$\begin{aligned} \%Mn_A >< \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \\ \text{și} \\ \%Mn_B >< \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \end{aligned} \quad (74)$$

– cele două ecuații ale sistemului (65) nu trebuie să fie identice;

$$- \%A + \%B = 100;$$

– soluția sistemului (65) trebuie să fie numere reale și pozitive;

– celelalte restricții – condiții – ce se pun sunt cele de la rezolvarea sistemului (45).

În cazul în care calculul celor două sorturi metalice se face prin intermediul sistemului (65), este dificil de impus o anumită cantitate de deșeuri de oțel în încărcătura metalică adăugată, deoarece mărește gradul de dificultate al rezolvării respectivului sistem.

Calitatea deșeurilor de oțel se poate alege în așa fel încât sistemul (65) să se poată rezolva în condițiile prezentate anterior, astfel, făcându-se posibil ca în încărcătura metalică adăugată în baia metalică remanentă să existe și deșeuri de oțel.

Este, de asemenea, dificil de impus o anumită cantitate de deșeuri de fontă – deșeuri proprii – din aceleași motive ca și în cazul impunerii unei cantități de deșeuri de oțel.

Deșeurile de fontă pot figura în sistemul (65).

Este posibil ca încărcătura metalică adăugată în baia metalică remanentă să fie formată din deșeuri de oțel și deșeuri de fontă.

#### **2.1.1.1.c. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din trei sorturi metalice**

Se notează cu A, B și C cele trei sorturi metalice.

Calculul analitic al proporțiilor de sorturi A, B și C din

încărcătură – %A, %B și %C – se realizează prin a se considera ca referință elementele chimice siliciu și mangan, pe de o parte, și elementele chimice siliciu, mangan și carbon, pe de altă parte.

**2.1.1.1.c.1. Calculul analitic al proporțiilor de A, B și C, utilizându-se siliciul și manganul ca elemente chimice de referință**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C se face în mod distinct, după cum cuptorul funcționează la frecvență medie sau mare și după cum cuptorul funcționează la frecvența rețelei.

**2.1.1.1.c.1.a. Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C se realizează prin rezolvarea sistemului (75).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C = 100 < \%Si > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C = 100 < \%Mn > \\ \%A + \%B + \%C = 100 \end{cases} \quad (75)$$

în care %Si<sub>C</sub> reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic C; %Mn<sub>C</sub> – proporția de mangan din sortul metalic C.

Criteriile de alegere ale sorturilor metalice A, B și C sunt următoarele:

– conținuturile de siliciu ale celor trei sorturi metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinite asocierea de inegalități (76);

$$\%Si_A << \%Si >, \%Si_B << \%Si > \text{ și } \%Si_C << \%Si > \quad (76)$$

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de siliciu din încărcătură,

adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (77);

$$\%Si_A > < \%Si >, \%Si_B > < \%Si > \text{ și } \%Si_C > < \%Si > \quad (77)$$

– conținuturile de mangan ale sorturile metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (78);

$$\%Mn_A << \%Mn >, \%Mn_B << \%Mn > \text{ și } \%Mn_C << \%Mn > \quad (78)$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (79);

$$\%Mn_A > < \%Mn >, \%Mn_B > < \%Mn > \text{ și } \%Mn_C > < \%Mn > \quad (79)$$

– ecuațiile de bilanț ale siliciului și manganului – primele două ecuații ale sistemului (75) nu trebuie să fie identice;

– celelalte criterii de alegere sunt cele prezentate la rezolvarea sistemului (45).

Dacă proporția de deșeuri de oțel se impune în încărcătura metalică, sistemul (75) se rezumă la un sistem de două ecuații cu două necunoscute de tipul (53) sau de tipul (45).

Dacă proporția de deșeuri de fontă – deșeuri proprii – se impune, de asemenea, sistemul (75) se rezumă la un sistem de două ecuații cu două necunoscute de tipul (53) sau (45).

Este posibil ca să fie impuse și proporția de deșeuri de oțel și proporția de deșeuri de fontă, în acest caz sistemul (75) rezumându-se la calculul încărcăturii cu un sort metalic.

Din încărcătura metalică pot lipsi deșeurile de oțel și fontă.

#### **2.1.1.1.c.1.b. Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei**

Proporțiile de sorturi A, B și C se determină prin rezolvarea

sistemului (80).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C + \%FR \cdot \%Si_{rem.} \geq 100 \cdot \%Si_{total} > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%FR \cdot \%Mn_{rem.} \geq 100 \cdot \%Mn_{total} > \\ \%A + \%B + \%C + \%FR = 100 \end{cases} \quad (80)$$

În cazul în care proporția de fontă lichidă remanentă este de 30% din capacitatea cuptorului (capacitatea nominală), sistemul (80) devine (81).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C + 30 \cdot \%Si_{rem.} \geq 100 \cdot \%Si_{total} > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + 30 \cdot \%Mn_{rem.} \geq 100 \cdot \%Mn_{total} > \\ \%A + \%B + \%C = 70 \end{cases} \quad (81)$$

Sorturile A, B și C se aleg ținând cont de următoarele condiții:

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A, B și C nu

trebuie să fie, toate, mai mici ( $\%Si_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%Si_{rem.}}{100}$ ), adică

nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (82);

$$\%Si_A \ll \%Si_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%Si_{rem.}}{100}, \quad \%Si_B < \%Si_{total} - \frac{\%FR \cdot \%Si_{rem.}}{100} \quad (82)$$

și  $\%Si_C \ll \%Si_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%Si_{rem.}}{100}$

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A, B și C nu

trebuie să fie, toate, mai mari decât

( $\%Si_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%Si_{rem.}}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită

asocierea de inegalități (83);



### Calculul analitic al încărcăturii metalice

---

$$\begin{aligned} \%Si_A > < \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Si_{rem.} >}{100}, \quad \%Si_B > \%Si_{total} - \frac{\%FR \cdot < \%Si_{rem.} >}{100} \quad (83) \\ \text{și } \%Si_C > < \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Si_{rem.} >}{100} \end{aligned}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mici decât ( $< \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (84);

$$\begin{aligned} \%Mn_A << \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100}, \quad \%Mn_B << \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \quad (84) \\ \text{și } \%Mn_C << \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \end{aligned}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mari decât ( $< \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (85);

$$\begin{aligned} \%Mn_A > < \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100}, \quad \%Mn_B > < \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \quad (85) \\ \text{și } \%Mn_C > < \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot < \%Mn_{rem.} >}{100} \end{aligned}$$

- sistemul (80) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;
- ecuațiile de bilanț ale siliciului și manganului nu trebuie să fie identice;
- celelalte condiții sunt cele prezentate pentru rezolvarea

sistemului (45).

În încărcătura metalică adăugată în baia metalică remanentă, sortul C poate fi sub formă de deșeuri de oțel sau deșeuri de fontă – deșeuri proprii – impuse, situație în care sistemul (80) se transformă într-un sistem cu două ecuații și două necunoscute de forma (49) sau (65).

Sorturile B și C din încărcătura metalică adăugată pot reprezenta deșeuri de oțel impuse, respectiv deșeuri de fontă impuse, în acest caz sistemul (80) transformându-se în alegerea încărcăturii metalice adăugate formate dintr-un sort metalic.

Deșeurile de oțel și fontă pot lipsi din încărcătura metalică.

**2.1.1.1.c.2. Calculul analitic al proporțiilor de A, B și C, utilizându-se siliciul, manganul și carbonul ca elemente chimice de referință**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C se realizează în mod diferit, după cum cuptorul funcționează la frecvență medie sau mare, pe de o parte, sau la frecvența rețelei, pe de altă parte.

**2.1.1.1.c.2.a. Cuptorul funcționează la frecvență medie sau mare**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C se realizează prin rezolvarea sistemului (86).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot \%C_C = 100 \cdot \%C > \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C = 100 \cdot \%Si > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C = 100 \cdot \%Mn > \end{cases} \quad (86)$$

în care  $\%C_A$  reprezintă proporția de carbon din sortul metalic A;  $\%C_B$  – proporția de carbon din sortul metalic B;  $\%C_C$  – proporția de carbon

din sortul metalic C;  $\langle \%C \rangle$  - proporția de carbon din încălzire.

Metoda ce apelează la rezolvarea sistemului (86) prezintă o notă de relativitate dacă în încălzirea cuptorului se utilizează materiale carbonice necesare reducerii unor oxizi din încălzirea metalică, materiale ce se introduc de regulă în exces față de calculele stoechiometrice și care carburează faza metalică.

Proporția de carbon din încălzire se calculează cu relația (87).

$$\langle \%C \rangle = \frac{[\%C]}{100 - \%a_C} \cdot 100, \quad (87)$$

în care  $[\%C]$  reprezintă proporția de carbon din fonta propusă a fi elaborată iar  $\%a_C$  reprezintă proporția de carbon ce se pierde prin oxidare în timpul elaborării.

Conform [8], pierderile de carbon prin oxidare variază în intervalul 1...12%, depind de o serie de factori, inclusiv de natura chimică a căptușelii refractare.

#### **a.1. Căptușeală acidă**

Principalii factori ce influențează oxidarea carbonului sunt următorii:

– **temperatura de menținere în stare lichidă și timpul de menținere în stare lichidă a fontei.** Influența acestor doi parametri se deduce din relația (88) care servește pentru determinarea proporției de carbon care arde în timpul elaborării.

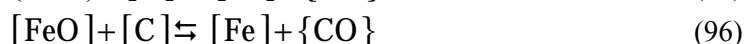
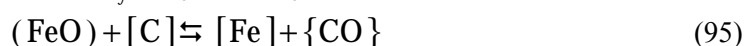
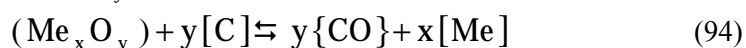
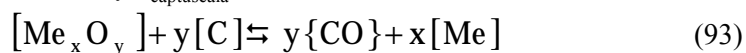
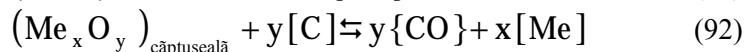
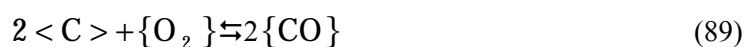
$$\%a_C = \%a_{C,T < 1.350} + \tau \cdot \%a_{C,1.350 < T < 1.550}, \quad (88)$$

în care  $\%a_{C,T < 1.350}$  reprezintă proporția de carbon care se oxidează în timpul topirii și în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă până la temperatura de  $1.350^{\circ}\text{C}$  iar  $\%a_{C,1.350 < T < 1.550}$  reprezintă proporția de

carbon care se oxidează în timpul menținerii fontei în stare lichidă în unitatea de timp (într-o oră), în intervalul de temperaturi 1.350...1.550<sup>0</sup>C. Pentru temperaturile de supraîncălzire 1.350<sup>0</sup>C, 1.400<sup>0</sup>C, 1.450<sup>0</sup>C, 1.500<sup>0</sup>C și 1.550<sup>0</sup>C se prezintă %a<sub>C,1.350<T<1.550</sub> în tabelul 4, în acest tabel prezentându-se și %a<sub>C,T<1.350</sub>.

O dată cu creșterea temperaturii de supraîncălzire în stare lichidă a fontei cresc și pierderile de carbon prin oxidare, respectivele pierderi fiind mai mari cu cât timpul de menținere la respectivele temperaturi de supraîncălzire este mai mare.

Oxidarea carbonului în timpul elaborării poate avea loc conform reacțiilor chimice (1), (2), (3), (89), (90), (91), (92), (93), (94), (95), (96) etc., importanță având și temperatura zgurii care, dacă este mică, inhibă reacțiile chimice de tipul (2), (91), (94) și (95);



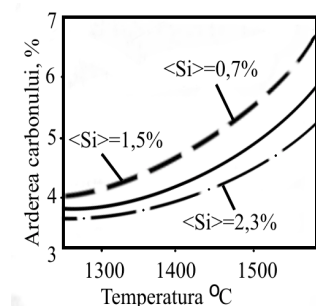
– **gradul de oxidare al încărcăturii.** Cu cât încărcătura metalică este mai oxidată cu atât pierderile de carbon prin oxidare sunt mai mari din cauza oxidului feros, de exemplu. Din tabelul 2 reiese că în cazul încărcăturilor metalice ce conțin până la 60% șpan, pierderile de carbon, prin oxidare cresc de la 10,7% în cazul unei încărcături

metalice neoxidate la 23,0%, în cazul unei încălziri metalice oxidate, pentru o fontă dată;

– **conținutul de siliciu din încălzitură.** Cu cât conținutul de siliciu din încălzitura metalică este mai mic, cu cât sunt mai mari pierderile de carbon prin oxidare, deoarece variația de entalpie liberă pentru reacția de oxidare a siliciului este mai mică decât variația de entalpie liberă a reacției de oxidare a carbonului cu formare de monoxid de carbon, în cazul temperaturilor mai mici de circa 1.650°C, [16], [17] și [18] – siliciul protejează carbonul împotriva oxidării prin faptul că el însuși “consumă” oxigenul ce ar fi oxidat carbonul. În figura 8 se prezintă pentru o fontă dată, [6], dependența pierderilor de carbon prin oxidare de temperatura de supraîncălzire a fontei în stare lichidă, în funcție de trei conținuturi de siliciu în încălzitura metalică.

Și din figura 8 se observă că pierderile de carbon prin oxidare cresc apreciabil o dată cu creșterea temperaturii de supraîncălzire în stare lichidă a fontei datorită desfășurării intense a reacțiilor chimice de tipul (1), (2) și (3);

– **conținutul de carbon din încălzitura metalică.** Cu cât conținutul de carbon din încălzitura metalică este mai mare cu atât pierderile de carbon prin oxidare sunt mai mari;



**Fig.8. Dependenta pierderilor de carbon prin oxidare de temperatura de supraîncălzire în stare lichidă a fontei și conținutul de siliciu din încălzitură.**

– **suprafața specifică a bucăților metalice din încălzitură.** Cu cât suprafața specifică respectivă este mai mare, cu atât mai mult crește suprafața de contact dintre reactanți

(carbon și oxigen) și cu atât mai mult cresc pierderile de carbon prin oxidare. Această situație este sugerată și de tabelul 1, de unde se observă creșterea cantității de FeO din zgură și a arderilor totale o dată cu mărirea suprafeței specifice a bucăților de sort metalic (pierderile maxime de elemente chimice prin oxidare se constată în cazul în care încărcătura este formată din pachete de tablă subțire de oțel;

– **durata de topire**. Cu cât durata de topire este mai mică, cu atât pierderile de carbon prin oxidare sunt mai mici. Această situație este valabilă pentru toate elementele chimice din încărcătura metalică;

– **bazicitatea zgurii**. Cu cât bazicitatea zgurii este mai mică, cu atât crește cantitatea de SiO<sub>2</sub> liber, nelegat chimic, ceea ce înseamnă mărirea disponibilului de oxigen care oxidează carbonul la temperaturi mari. Așadar, micșorarea bazicității zgurii determină mărirea pierderilor de carbon prin oxidare etc.

#### **a.2. Căptușeală neutră**

Căptușeala neutră are drept componenți de bază Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și SiO<sub>2</sub>.

În mod curent se utilizează ca material refractar de bază electrocorindonul (93...95% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2% TiO<sub>2</sub>, 0,5...0,8% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,5...2,0% SiO<sub>2</sub> și 0,5...1,0% CuO) și disten-silimanitul (57% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 40% SiO<sub>2</sub>, 1% TiO<sub>2</sub>, 0,6% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,2% CuO, 0,4% MgO și 0,1% Na<sub>2</sub>O împreună cu K<sub>2</sub>O), [10], adică materiale ce conțin SiO<sub>2</sub> într-o proporție mult mai mică decât materialele acide. Dacă se mai ține seama și de faptul că zgura are un conținut de SiO<sub>2</sub> mic, rezultă că disponibilul de oxigen necesar desfășurării reacțiilor chimice (2) și (3) – reacția chimică (1) este ne semnificativă deoarece conținutul de SiO<sub>2</sub> din fontă este întotdeauna mic – este mic comparativ cu cazul cătușelii acide. Asta înseamnă că pierderile de carbon din baia metalică, prin oxidare, în timpul supraîncălzirii acesteia sunt mici, în general nedeșășind 4%, de exemplu, pentru o fontă dată, în cazul unei mențineri în stare lichidă de circa o oră.

### **a.3. Căptușeală bazică**

Într-o căptușeală bazică conținutul de  $\text{SiO}_2$  este foarte mic, ceea ce înseamnă că este exclusă oxidarea carbonului prin intermediul  $\text{SiO}_2$ , conform reacției chimice (3). De asemenea, nu este posibilă desfășurarea reacției chimice (2) deoarece o zgură bazică nu conține  $\text{SiO}_2$  liber, nelegat chimic cu oxizi bazici sau chiar neutri din punct de vedere chimic. În schimb, este posibilă prezența  $\text{FeO}$  liber, ceea ce face posibilă oxidarea carbonului din baia metalică conform reacției chimice (95).

Se apreciază că pierderile de carbon prin oxidare sunt mai mici decât în cazul căptușelilor refractare de natură chimică acidă și neutră.

Sorturile A, B și C se aleg ținând cont de următoarele condiții:

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de carbon din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (97);

$$\%C_A < \%C, \%C_B < \%C \text{ și } \%C_C < \%C \quad (97)$$

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de carbon din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (98);

$$\%C_A > \%C, \%C_B > \%C \text{ și } \%C_C > \%C \quad (98)$$

– suma proporțiilor sorturilor metalice A, B și C trebuie să fie 100%;  
– ecuațiile de bilanț ale carbonului, siliciului și manganului nu trebuie să fie identice;

– sistemul (86) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;

– celelalte condiții ce trebuie îndeplinite sunt cele consemnate

la paragraful 2.1.1.1.c.1.a (la rezolvarea sistemului (75)).

Sortul metalic C din încărcătura metalică poate fi reprezentat de deșeurile de oțel sau de deșeurile de fontă, ambele impuse, așa sistemul (86) transformându-se într-un sistem cu două ecuații și două necunoscute.

Sorturile metalice B și C pot fi reprezentate de deșeurile de oțel impuse, respectiv deșeurile de fontă impuse, ceea ce înseamnă că sistemul (86) se rezumă la determinarea încărcăturii metalice dintr-un sort metalic.

Deșeurile de oțel și fontă pot lipsi din încărcătură metalică.

### 2.1.1.1.c.2.b. Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C se realizează prin rezolvarea sistemului (99).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot \%C_C + \%FR \cdot <\%C_{rem.}> = 100 \cdot <\%C_{total}> \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + \%FR \cdot <\%Si_{rem.}> = 100 \cdot <\%Si_{total}> \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%FR \cdot <\%Mn_{rem.}> = 100 \cdot <\%Mn_{total}> \end{cases} \quad (99)$$

În cazul în care proporția de fontă lichidă remanentă este de 30% din capacitatea cuptorului, sistemul (99) devine (100).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot \%C_C + 30 \cdot <\%C_{rem.}> = 100 \cdot <\%C_{total}> \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + 30 \cdot <\%Si_{rem.}> = 100 \cdot <\%Si_{total}> \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + 30 \cdot <\%Mn_{rem.}> = 100 \cdot <\%Mn_{total}> \end{cases} \quad (100)$$

în care  $<C_{rem.}>$  reprezintă proporția de carbon din baia remanentă de fontă din cuptor;  $<\%C_{total}>$  – proporția de carbon total din încărcătură ce se determină cu relația (101).

$$<C_{total}> = \%FR \frac{<\%C_{rem.}>}{100} + (100 - \%FR) \frac{<\%C_{ad}>}{100}, \quad (101)$$

în care  $<\%C_{ad}>$  reprezintă proporția de carbon din încărcătura adăugată în cuptor.

Proporția de carbon total din încărcătură se determină cu relația (102).

$$<\%C_{total}> = \frac{[\%C]}{100 - \%a_C^*}, \quad (102)$$

$\%a_C^*$  calculându-se relativ cu formula (103), în cazul în care căptușeala este de natură chimică acidă.



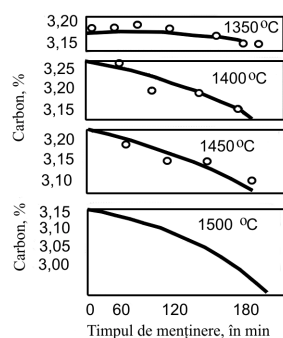
$$\% a_c^* = \left( \frac{100 - \% Fr}{100} \right) \cdot \% a_{C, T < 1.350} + \tau' \cdot \% a_{C, 1.350 < T < 1.550} \quad (103)$$

de această dată  $\tau'$  făcând referință la timpul de menținere în stare lichidă a fontei provenită din topirea și supraîncălzirea sorturilor metalice A, B și C adăugate (introduse) în baia de fontă remanentă, în intervalul de temperaturi  $1.350^{\circ}\text{C} \dots 1.550^{\circ}\text{C}$ , în h;  $a_{C, 1.350 < T < 1.550}$  – proporția de carbon care se oxidează în timpul menținerii fontei în stare lichidă în unitatea de timp (într-o oră), în intervalul de temperaturi  $1.350^{\circ}\text{C} \dots 1.550^{\circ}\text{C}$  (din tabelul 4);  $a_{C, T < 1.350}$  – proporția de carbon care se oxidează în timpul topirii și în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă până la temperatura de  $1.350^{\circ}\text{C}$  (din tabelul 4).

În cazul în care căptușeala refractară este neutră, componentul predominant din aceasta este  $\text{Al}_2\text{O}_3$  care poate fi redus de către carbon, în cazul în care este în stare pură la temperaturi mai mari de circa  $2.000^{\circ}\text{C}$ , [16]. În cazul unui cuptor cu creuzet, căptușit cu distensilimanit (58%) și corindon (42%), având capacitatea de 2,5 t, variația conținutului de carbon din baia metalică, pentru o fontă dată, cu timpul de menținere în stare lichidă la patru temperaturi ( $1.350^{\circ}\text{C}$ ,  $1.400^{\circ}\text{C}$ ,  $1.450^{\circ}\text{C}$  și  $1.500^{\circ}\text{C}$ ), este prezentată în figura 9, [8] și [6]. Din figura 9 se observă că în cazul menținerii fontei în stare lichidă la temperatura de  $1.350^{\circ}\text{C}$ , timp de circa 3 h, arderea carbonului este practic nulă, pentru ca în cazul menținerii fontei în stare lichidă la temperaturi cuprinse în intervalul  $1.400 \dots 1.500^{\circ}\text{C}$  viteza de oxidare a carbonului să fie de  $0,04 \dots 0,06\% \text{ C/h}$ .

Indiferent de natura chimică a căptușelii, în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, din cauza brasajului mai mare, suprafața de contact dintre reactanți este mai mare – suprafața de contact dintre baia metalică, pe de o parte, și căptușeala refractară, zgură și atmosferă gazoasă, pe de altă parte –, ceea ce înseamnă o mărire a pierderilor prin oxidare, de exemplu, a elementelor chimice din baia metalică.

Considerația asupra pierderilor de carbon prin oxidare în cazul căptușelii bazice este de aceeași natură ca aceea de la cuptoarele ce funcționează la frecvență medie și înaltă.



**Fig.9. Variația conținutului de carbon din fonta lichidă cu timpul de menținere în stare lichidă a fontei, pentru o fontă dată, la diverse temperaturi.**

Sorturile A, B și C se aleg ținându-se seama de următoarele condiții:

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mici decât  $(\langle C_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100})$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (104);

$$\%C_A \ll \langle C_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100}, \%C_B \ll \langle C_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100} \quad (104)$$

$$- \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100} \text{ și } \%C_C \ll \langle C_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100}$$

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B și C nu trebuie să fie, toate, mai mari decât  $(\langle C_{total} \rangle - \frac{\%FR \cdot \langle \%C_{rem.} \rangle}{100})$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (105);

$$\begin{aligned} \%C_A > \%C_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100}, \%C_B > \%C_{total} > \\ -\frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100} \text{ și } \%C_C > \%C_{total} > -\frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100} \end{aligned} \quad (105)$$

– ecuațiile de bilanț ale carbonului, siliciului și manganului nu trebuie să fie identice;  
 – sistemul (99) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;  
 – celelalte condiții ce trebuie îndeplinite sunt cele prezentate pentru rezolvarea sistemului (80).

Sortul C poate fi reprezentat de deșuri de oțel impuse sau de deșuri de fontă – deșuri proprii – impuse, situație în care sistemul (99) se transformă într-un sistem cu două ecuații și două necunoscute.

Sorturile B și C pot fi reprezentate de deșuri de oțel impuse, respectiv de deșuri de fontă impuse, ceea ce transformă sistemul (99) în alegerea doar a unui sort metalic – încărcătura metalică adăugată este formată dintr-un sort metalic.

Deșurile de oțel și fontă pot lipsi din încărcătură.

#### **2.1.1.1.d. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din patru sorturi metalice**

Se notează cu A, B, C și D cele patru sorturi metalice.

Calculul analitic se realizează folosind ca bază de calcul elementele chimice siliciu, mangan și carbon.

Calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B, C și D se face în mod diferit, în funcție de frecvența la care funcționează cuptorul – medie sau mare și cea a rețelei.

#### **2.1.1.1.d.1. Cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare**

Calculul proporțiilor de sorturi A, B, C și D se realizează prin rezolvarea sistemului (106).

### Calculul analitic al încărcăturii metalice

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot \%C_C + \%D \cdot \%C = 100 \cdot <\%C> \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C + \%D \cdot \%Si_D = 100 \cdot <\%Si> \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%D \cdot \%Mn_D = 100 \cdot <\%Mn> \\ \%A + \%B + \%C + \%D = 100 \end{cases} \quad (106)$$

în care  $\%C_D$  reprezintă proporția de carbon din sortul metalic D;  $\%Si_D$  – proporția de siliciu din sortul metalic D;  $\%Mn_D$  – proporția de mangan din sortul metalic D;  $\%D$  – proporția de sort metalic D din încărcătură.

Criteriile de alegere ale sorturilor metalice A, B, C și D sunt următoarele:

– conținuturile de carbon ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de carbon din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (107);  
 $\%C_A << \%C >, \%C_B << \%C >, \%C_C << \%C > \text{ și } \%C_D << \%C >$  (107)

– conținuturile de carbon ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de carbon din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (108);

$$\%C_A > \%C >, \%C_B > \%C >, \%C_C > \%C > \text{ și } \%C_D > \%C > \quad (108)$$

– conținuturile de siliciu ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (109);

$$\%Si_A << \%Si >, \%Si_B << \%Si >, \%Si_C << \%Si > \text{ și } \%Si_D << \%Si > \quad (109)$$

– conținuturile de siliciu ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de siliciu din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (110);

$$\begin{aligned} & \%Si_A > \%Si >, \%Si_B > \%Si >, \%Si_C > \%Si > \\ & \text{și } \%Si_D > \%Si > \end{aligned} \quad (110)$$

– conținuturile de mangan ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (111);

$$\begin{aligned} & \%Mn_A << \%Mn >, \%Mn_B << \%Mn >, \\ & \%Mn_C << \%Mn > \text{ și } \%Mn_D << \%Mn > \end{aligned} \quad (111)$$

– conținuturile de mangan ale celor patru sorturi metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât proporția de mangan din încărcătură, adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (112);

$$\begin{aligned} & \%Mn_A > \%Mn >, \%Mn_B > \%Mn >, \\ & \%Mn_C > \%Mn > \text{ și } \%Mn_D > \%Mn > \end{aligned} \quad (112)$$

– ecuațiile de bilanț ale carbonului, siliciului și manganului nu trebuie să fie identice;

– soluția sistemului (106) trebuie să fie numere reale și pozitive;

– celelalte criterii de alegere sunt cele prezentate la rezolvarea sistemului (45).

Sortul metalic D poate fi reprezentat de deșuri de oțel impuse sau deșuri de fontă – deșuri proprii – impuse, sistemul (106) transformându-se într-un sistem cu trei ecuații și trei necunoscute.

Sorturile metalice C și D pot fi reprezentate de deșuri de oțel impuse, respectiv de deșuri de fontă impuse, sistemul (106) transformându-se într-un sistem cu două ecuații și două necunoscute.

Sorturile metalice de deșuri de oțel și fontă pot lipsi din încărcătura metalică.

**2.1.1.1.d.2. Cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei**

Proporțiile de sorturi A, B, C și D se determină prin rezolvarea sistemului (113).

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot \%C_C + \%D \cdot \%C_D + \%FR \cdot \%C_{rem} \geq 100 < \%C_{total} > \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot \%Si_C + \%D \cdot \%Si_D + \%FR \cdot \%Si_{rem} \geq 100 < \%Si_{total} > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot \%Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%D \cdot \%Mn_D + \%FR \cdot \%Mn_{rem} \geq 100 < \%Mn_{total} > \\ \%A + \%B + \%C + \%D + \%FR = 100 \end{cases} \quad (113)$$

Sorturile metalice A, B, C și D se aleg ținându-se seama de următoarele criterii.

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât  $(< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100})$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (114);

$$\begin{aligned} \%C_A << \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100}, \%C_B << \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100}, \\ \%C_C << \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100} \text{ și } \%C_D << \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100} \end{aligned} \quad (114)$$

– conținuturile de carbon ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât  $(< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%C_{rem.}}{100})$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (115);

### Calculul analitic al încărcăturii metalice

$$\begin{aligned} \%C_A >< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%C_{rem.}>}{100}, \%C_B >< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%C_{rem.}>}{100}, \quad (115) \\ \%C_C >< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%C_{rem.}>}{100} \text{ și } \%C_D >< \%C_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%C_{rem.}>}{100} \end{aligned}$$

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât ( $<\%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (116);

$$\begin{aligned} \%Si_A << \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}, \%Si_B << \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}, \quad (116) \\ \%Si_C << \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \text{ și } \%Si_D << \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \end{aligned}$$

– conținuturile de siliciu ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât ( $<\%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (117);

$$\begin{aligned} \%Si_A >> \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}, \%Si_B >> \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100}, \quad (117) \\ \%Si_C >> \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \text{ și } \%Si_D >> \%Si_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Si_{rem.}>}{100} \end{aligned}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mici decât ( $<\%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot <\%Mn_{rem.}>}{100}$ ), adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (118);

## Calculul analitic al încărcăturii metalice

$$\%Mn_A \ll \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}, \%Mn_B \ll \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}, \quad (118)$$

$$\%Mn_C \ll \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100} \text{ și } \%Mn_D \ll \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}$$

– conținuturile de mangan ale sorturilor metalice A, B, C și D nu trebuie să fie, toate, mai mari decât  $(\%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100})$ , adică nu trebuie îndeplinită asocierea de inegalități (119);

$$\%Mn_A > \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}, \%Mn_B > \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}, \quad (119)$$

$$\%Mn_C > \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100} \text{ și } \%Mn_D > \%Mn_{total} > - \frac{\%FR \cdot \%Mn_{rem.}}{100}$$

– ecuațiile de bilanț ale carbonului, siliciului și manganului nu trebuie să fie identice;

– sistemul (113) trebuie să aibă soluție numere reale și pozitive;

– celelalte criterii de alegere sunt cele prezentate la rezolvarea sistemului (45);

Dacă un agent industrial are la dispoziție puține sorturi metalice, sistemul (113) este dificil de rezolvat – ca de alt fel toate sistemele prezentate în acest capitol. De fapt, calculul analitic sugerează și stabilește cu ce sorturi metalice trebuie să se aprovizioneze o societate comercială – un agent economic –, adică un calcul analitic reprezintă o problemă de proiectare.

Sortul metalic D poate fi reprezentat de deșuri de oțel impuse sau deșuri de fontă – deșuri proprii – impuse, sistemul (113) transformându-se într-un sistem cu trei ecuații și trei necunoscute.

Sorturile metalice C și D pot fi reprezentate de deșuri de oțel impuse, respectiv de deșuri de fontă impuse, sistemul (113) transformându-se într-un sistem cu două ecuații și două necunoscute.

Deșeurile de oțel și fontă pot lipsi din încărcătura metalică adăugată în baia metalică remanentă.



### **2.1.1.1.e. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din cinci sorturi metalice**

Un sistem cu cinci ecuații și cinci necunoscute este relativ dificil de rezolvat.

Prin raportare la sistemul (106), cea de a cincea ecuație ar trebui să fie ecuația de bilanț pentru un element chimic din compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, de preferință sulfurul sau fosforul. Așa s-ar putea crea un sistem de cinci ecuații cu cinci necunoscute, corespunzător ambelor tipuri de cuptoare în ceea ce privește frecvența de funcționare. Un asemenea sistem s-ar putea rezolva alegând cele cinci sorturi metalice după criteriile echivalente cu acelea utilizate pentru alegerea a mai puțin de cinci sorturi metalice.

Se recomandă, în practică, utilizarea ca al cincilea sort metalic a deșeurilor de fontă, denumite și **deșeuri proprii**, deșeuri proprii care oricum trebuie să fie utilizate în încărcătura metalică, în caz contrar crescând depozitul de acest material. În felul acesta rezolvarea sistemului cu cinci ecuații și cinci necunoscute se rezumă la rezolvarea unui sistem cu patru ecuații și patru necunoscute, respectiv la rezolvarea sistemului (106) sau a sistemului (113), după caz.

Se poate accepta existența unui calcul pentru proporția de deșeuri proprii.

În funcție de tipul de piese din programul de fabricație se determină ponderea deșeurilor proprii corespunzătoare fiecărei mărci de fontă și fiecărui tip de piesă.

Deșeurile proprii se preferă să se utilizeze în încărcătură datorită următoarelor avantaje:

- dacă sunt aliate, aduc în încărcătură elemente chimice de aliere, ceea ce înseamnă economisire de feroaliaje, prealiaje, elemente brute de aliere și elemente rafinate de aliere;
- dacă sunt aliate, se caracterizează printr-un randament de asimilare mare – acceptabil;
- au compoziția chimică bine determinată;
- au compoziția chimică identică cu aceea a fontei propusă a

fi elaborată;

- au conținuturile de sulf și fosfor corespunzătoare, înclinând balanța spre situația de a nu se efectua desulfurări și defosforări avansate sau chiar spre a se evita asemenea procesări;
- se micșorează proporția de fontă brută din încărcătură;
- se micșorează costul fontei elaborate;
- există chiar tehnologii de elaborare a unor fonte speciale – de exemplu, cele cu grad de aliere mare pentru aluminiu, [20] – care impun utilizarea în încărcătura metalică doar de deșeuri proprii, circumstanțe în care s-ar obține un randament de asimilare al elementelor de aliere acceptabil și un conținut mic de gaze etc.

Deșeurile proprii prezintă și următoarele dezavantaje:

- dacă au proveniență eterogenă, reprezentând mai multe mărci de fontă, măresc riscul de procesare complexă a băii metalice;
- reprezintă sursă de impurificare a fontei elaborate cu incluziuni nemetalice exogene, în special din cauza amestecului de formare și a amestecului de miez sinterizate pe rețele de turnare, adaosuri tehnologice speciale, maselote și rebuturi. Nisipul ce intră în componența amestecului de formare, amestecului de miez și, în unele cazuri, și a vopselelor refractare – în stare prăfoasă – este de natură cuarțoasă (minimum 97% SiO<sub>2</sub>), cromitică (minimum 45% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), zirconică (minimum 60% ZrO<sub>2</sub>), olivinică (40...50% MgO, 35...45% SiO<sub>2</sub> și maximum 8% FeO), șamotică granulară (minimum 66% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ TiO<sub>2</sub>), etc., [19];
- reprezintă sursă de erodare chimică a căptușelii refractare dacă există diferență de caracter chimic între căptușeala refractară și nisipul sinterizat pe suprafața deșeurilor proprii etc.

Pentru un sort de fontă dat și un tip de piesă sau un grup de piese, proporția de deșeuri proprii se determină cu relația (120).

$$\%DP = \%RT + \%ATS + \%M + \%PR + \%R, \quad (120)$$

în care %DP reprezintă proporția de deșeuri proprii; %RT – proporția de rețele de turnare; %ATS – proporția de adaosuri tehnologice

speciale; %M –propoția de maselote; %PR – propoția de pierderi recuperabile; %R – propoția de rebut.

Propoția de rețele de turnare depinde de metoda de turnare, tipul fontei, mărimea pieselor, numărul de piese ce se toarnă într-o formă, natura formei etc.

Propoția de adaosuri tehnologice speciale depinde de geometria pieselor care se toarnă, grosimea de perete a pieselor, destinația pieselor, temperatura de turnare, marca de fontă etc. Adaosurile tehnologice speciale au, în general, scopul de a se evita deformarea pieselor, de a se dirija procesul de solidificare, de a se elimina retasura din piese etc.

Propoția de maselote depinde de masa pieselor, geometria pieselor, grosimea de perete a pieselor, calitatea amestecului de formare, natura formei, marca de fontă, tipul de maselotă etc.

Suma propoțiilor de rețele de turnare, adaosuri tehnologice speciale și maselote se notează cu RAM – relația (121) – și pentru proiectare se poate admite că are valorile din tabelul 9.

$$\%RAM = \%RT + \%ATS + \%M \quad (121)$$

Tabelul 9

**Valori estimative ale sumei propoțiilor de rețele de turnare, adaosuri tehnologice speciale și maselote – %RAM – împreună cu ale propoției deșeurilor proprii – %DP – în funcție de grupa de masă a pieselor.**

<b>Grupa de masă a pieselor</b>	<b>Propoția de RAM</b>	<b>Propoția de deșeurii proprii – %DP</b>
Piese foarte mari	10	18
Piese mari	20	26
Piese mici de serie mare	25	33
Piese mici de serie mică și unicat	40	48

Pierderile recuperabile se referă la fonta recuperată din scurgeri prin canale generate de neetanșeitarea asamblării semiformelor, exces de metal turnat în forme, stropi, fontă solidificată pe pereții oalelor de turnare și jgheabul de evacuare al cuptorului etc. Se apreciază că pierderile recuperabile sunt de 3...4%.

Proporția de rebut depinde de calitatea amestecului de formare, natura formei, calitatea amestecului de miez, sistemul de armare a formelor și miezurilor, metoda de turnare, calitatea maselotelor, calitatea vopselelor refractare, calitatea utilajelor de formare, gradul de mecanizare a operației de formare, calitatea fontei, modul de aerisire a ramelor de formare, temperatura de turnare, calitatea formelor etc. Proporția de rebut variază între limite foarte largi din cauza numărului mare de factori de care depinde. Proporția de rebut minimă poate avea valori sub 1 iar proporția de rebut maximă poate depăși valoarea de 75. Estimativ, se prezintă în tabelul 10 câteva valori ale proporției de rebut în funcție de destinația pieselor.

Tabelul 10

**Valori estimative ale proporțiilor de rebut în funcție de destinația pieselor.**

<b>Destinația pieselor</b>	<b>Proporția de rebut</b>
Mașini agricole, mașini și aparate electrotehnice	3
Utilaje energetice clasice	4
Utilaje de transport (vagoane, automobile, tractoare)	5
Utilaje de ridicat	6
Utilaje pentru centrale atomoelectrice	7...8

În tabelul 9 se prezintă valorile estimative ale proporției de deșeuri proprii pentru diverse grupe de masă ale pieselor.

Proporția de deșeuri proprii se poate determina și din relația (122).

$$\%DP = 100 - I_s, \quad (122)$$

în care  $I_s$  reprezintă indicele de scoatere.

Indicele de scoatere este o noțiune relativă și reprezintă, de exemplu, raportul dintre masa piesei sau a pieselor obținute dintr-o formă și masa de fontă lichidă care se toarnă în respectiva formă – relația (123).

$$I_s = \frac{m_p}{m_{fl}} \cdot 100, \quad (123)$$

în care  $m_p$  reprezintă masa unei piese brute bună sau a pieselor brute bune obținute dintr-o formă;  $m_{fl}$  – masa fontei lichide turnate în formă.

Prin extensie,  $m_p$  din relația (123) reprezintă masa pieselor brut turnate bune obținute dintr-o șarjă iar  $m_{fl}$  reprezintă masa de fontă lichidă evacuată din cuptor.

Proporția de deșeuri proprii se determină cu relația (124) dacă se ia în considerație și relația (123).

$$\%DP = 100 - \frac{m_p}{m_{fl}} \cdot 100 \quad (124)$$

Dacă, de exemplu, masa pieselor brut turnate, obținute dintr-o șarjă, este de 5.500 kg iar masa de fontă lichidă evacuată din cuptor este de 8.000 kg, proporția de deșeuri proprii are valoarea (125).

$$\%DP = 100 - \frac{5.500}{8.000} \cdot 100 = 31,25 \quad (125)$$

Indicele de scoatere depinde de masa pieselor, tehnologia de formare și turnare, marca de fontă etc., în tabelul 11 prezentându-se valori ale indicelui de scoatere, denumit și coeficient de scoatere sau coeficient de utilizare, pentru patru categorii de fontă, și ale proporției de deșeuri proprii.

Tabelul 11

**Valori ale indicelui de scoatere pentru patru tipuri de fontă și ale proporției de deșeuri proprii calculate cu relația (124).**

Tipul de fontă	Fontă cenușie, conform SR ISO 185	Fontă cu grafit nodular	Fontă maleabilă	Fontă albă
Indicele de scoatere, $I_S$	60...70	50...65	45...55	48...60
Proporția de deșeuri proprii, %DP	30...40	35...50	45...55	40...52

Relația (124) nu ține seama de pierderile nerecuperabile ce reprezintă fonta lichidă care este antrenată în zgură în timpul evacuării ei din cuptor, în principal. Asemenea pierderi nerecuperabile sunt de 1...3 kg/t.

În cazul în care într-o turnătorie se elaborează mai multe mărci de fontă, compoziția chimică a deșeurilor proprii se determină ținând seama de participația procentuală a fiecărui sort de fontă prin prisma deșeurilor proprii. De exemplu, proporția elementului chimic  $E_i$  se determină cu relația (126).

$$\%E_{i_{DP}} = \sum_{j=1}^n \%DP_j \frac{\%E_{i,DP_j}}{100}, \quad (126)$$

în care  $\%E_{i_{DP}}$  reprezintă proporția de element chimic  $E_i$  din deșeurile proprii;  $i$  – numărul de elemente chimice din compoziția chimică a deșeurilor proprii;  $n$  – numărul de sorturi de deșeuri proprii (de mărci de fontă sub formă de deșeuri proprii);  $DP_j$  – proporția de deșeuri proprii de sort  $j$ ;  $\%E_{i,DP_j}$  – proporția de element chimic  $E_i$  din sortul  $j$  de deșeuri proprii.

În general,  $E_i$  reprezintă C, Si, Mn, P, S și elemente chimice de aliere (Ni, Mo, Cr, Mn, Si, V, Ti, W, Al, Cu etc.);  $i$  reprezintă numărul de elemente chimice din compoziția chimică a deșeurilor proprii.

De exemplu, dacă există patru sorturi de deșeuri proprii (patru

mărci de fontă) –  $n = 4$  – proporția de mangan din deșeurile proprii ( $E_i = \text{Mn}$ ) –  $\% \text{Mn}_{\text{DP}}$  – se calculează cu relația (127), considerând  $\% \text{DP}_1 = 10$ ,  $\% \text{DP}_2 = 40$ ,  $\% \text{DP}_3 = 25$  și  $\% \text{DP}_4 = 25$  iar conținuturile de mangan ale celor patru sorturi  $j$  de deșeuri proprii fiind:

$$\begin{aligned} \% \text{Mn}_{\text{DP}_1} &= 0,9, \% \text{Mn}_{\text{DP}_2} = 1,1, \% \text{Mn}_{\text{DP}_3} = 1 \text{ și } \% \text{Mn}_{\text{DP}_4} = 1,3. \\ \% \text{Mn}_{\text{DP}} &= 10 \frac{0,9}{100} + 40 \frac{1,1}{100} + 25 \frac{1}{100} + 25 \frac{1,3}{100} = 1,11 \end{aligned} \quad (127)$$

Prin urmare, calculându-se proporția de deșeuri proprii prin intermediul relației (120) sau al tabelului 9, al relației (124) sau al tabelului 11, determinarea proporțiilor de sorturi metalice A, B, C și D se realizează prin rezolvarea sistemului (128) în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau MARE și prin rezolvarea sistemului (129) în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei.

$$\begin{cases} \% \text{A} \cdot \% \text{C}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{C}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{C}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{C}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{C}_{\text{DP}} = 100 < \% \text{C} > \\ \% \text{A} \cdot \% \text{Si}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{Si}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{Si}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{Si}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{Si}_{\text{DP}} = 100 < \% \text{Si} > \\ \% \text{A} \cdot \% \text{Mn}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{Mn}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{Mn}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{Mn}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{Mn}_{\text{DP}} = 100 < \% \text{Mn} > \\ \% \text{A} + \% \text{B} + \% \text{C} + \% \text{D} + \% \text{DP} = 100 \end{cases} \quad (128)$$

în care  $\% \text{C}_{\text{DP}}$  reprezintă proporția de carbon din deșeurile proprii;  $\% \text{Si}_{\text{DP}}$  – proporția de siliciu din deșeurile proprii;  $\% \text{Mn}_{\text{DP}}$  – proporția de mangan din deșeurile proprii.

$$\begin{cases} \% \text{A} \cdot \% \text{C}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{C}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{C}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{C}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{C}_{\text{DP}} + \% \text{FR} < \text{C}_{\text{rem}} > \geq 100 < \% \text{C} > \\ \% \text{A} \cdot \% \text{Si}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{Si}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{Si}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{Si}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{Si}_{\text{DP}} + \% \text{FR} < \text{Si}_{\text{rem}} > \geq 100 < \% \text{Si} > \\ \% \text{A} \cdot \% \text{Mn}_\text{A} + \% \text{B} \cdot \% \text{Mn}_\text{B} + \% \text{C} \cdot \% \text{Mn}_\text{C} + \% \text{D} \cdot \% \text{Mn}_\text{D} + \% \text{DP} \cdot \% \text{Mn}_{\text{DP}} + \% \text{FR} < \text{Mn}_{\text{rem}} > \geq 100 < \% \text{Mn} > \\ \% \text{A} + \% \text{B} + \% \text{C} + \% \text{D} + \% \text{DP} + \% \text{FR} = 100 \end{cases} \quad (129)$$

Sistemele (128) și (129) se rezolvă conform regulilor echivalente rezolvării sistemelor (106), respectiv (113).

Așa cum s-a prezentat anterior, proporția de deșeurii proprii din încărcătură se poate calcula separat de rezolvarea sistemelor (128) și (129).

Ca și deșeurile proprii și **deșeurile de oțel** se pot condiționa într-o încărcătură metalică avându-se în vedere avantajele și dezavantajele utilizării acestora, prezentate la paragraful 2.1.1.1.a.1. Ținând cont de implicațiile deșeurilor de oțel asupra calității fontei propusă a fi obținută, în tabelul 12 se prezintă câteva recomandări de încărcături metalice pentru fontele obișnuite, semisintetice și sintetice, din care rezultă valori pentru proporția de deșeurii de oțel din încărcătura metalică (situație valabilă pentru cuptoarele cu creuzet), [8].

Tabelul 12

**Recomandări de componență a încărcăturii metalice pentru fontele normale, semisintetice și sintetice.**

Tipul de fontă ce se elaborează	Componența încărcăturii metalice, în %
normală	5...25% fontă brută, 30...60% deșeurii proprii și 40...70% deșeurii de oțel
semisintetică	10...40% deșeurii proprii și 60...90% deșeurii de oțel
sintetică	100% deșeurii de oțel

În cazul în care se calculează sau se adoptă proporțiile de deșeurii proprii – %DP – și de deșeurii de oțel – %DO – calculul celorlalte trei proporții de sorturi metalice din încărcătura metalică se face prin rezolvarea unui sistem de trei ecuații și trei necunoscute de tipurile (75) sau (80) și (99), adică sistemele (130) sau (131) pentru cazul în care cuptorul funcționează cu frecvență medie sau mare și sistemele (132) sau (133) pentru cazul în care cuptorul funcționează la frecvența rețelei.



## Calculul analitic al încărcăturii metalice

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + \%DP \cdot \%Si_{DP} + \%DO \cdot \%Si_{DO} = 100 < \%Si > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%DP \cdot \%Mn_{DP} + \%DO \cdot \%Mn_{DO} = 100 < \%Mn > \\ \%A + \%B + \%C + \%D + \%DP + \%DO = 100 \end{cases} \quad (130)$$

în care %DO reprezintă proporția de deșuri de oțel; %Si<sub>DO</sub> – proporția de siliciu din deșuri de oțel; %Mn<sub>DO</sub> – proporția de mangan din deșurile de oțel.

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot C_C + \%DP \cdot \%C_{DP} + \%DO \cdot \%C_{DO} = 100 < \%C > \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + \%DP \cdot \%Si_{DP} + \%DO \cdot \%Si_{DO} = 100 < \%Si > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%DP \cdot \%Mn_{DP} + \%DO \cdot \%Mn_{DO} = 100 < \%Mn > \end{cases} \quad (131)$$

în care %C<sub>DO</sub> reprezintă proporția de carbon din deșurile de oțel.

$$\begin{cases} \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + \%DP \cdot \%Si_{DP} + \%DO \cdot \%Si_{DO} + \%FR \cdot \%Si_{rem} \geq 100 < \%Si_{total} > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%DP \cdot \%Mn_{DP} + \%DO \cdot \%Mn_{DO} + \%FR \cdot \%Mn_{rem} \geq 100 < \%Mn_{total} > \\ \%A + \%B + \%C + \%DP + \%DO + \%FR = 100 \end{cases} \quad (132)$$

$$\begin{cases} \%A \cdot \%C_A + \%B \cdot \%C_B + \%C \cdot C_C + \%DP \cdot \%C_{DP} + \%DO \cdot \%C_{DO} + \%FR \cdot \%C_{rem} \geq 100 < \%C_{total} > \\ \%A \cdot \%Si_A + \%B \cdot \%Si_B + \%C \cdot Si_C + \%DP \cdot \%Si_{DP} + \%DO \cdot \%Si_{DO} + \%FR \cdot \%Si_{rem} \geq 100 < \%Si_{total} > \\ \%A \cdot \%Mn_A + \%B \cdot Mn_B + \%C \cdot \%Mn_C + \%DP \cdot \%Mn_{DP} + \%DO \cdot \%Mn_{DO} + \%FR \cdot \%Mn_{rem} \geq 100 < \%Mn_{total} > \end{cases} \quad (133)$$

### **2.1.1.1.f. Calculul analitic al încărcăturii metalice formată din șase sorturi metalice sau mai multe**

În acest caz, de regulă se condiționează proporțiile de deșuri proprii și de deșuri de oțel, ceea ce înseamnă că determinarea celorlalte patru sorturi metalice se rezumă la rezolvarea unui sistem cu patru ecuații și patru necunoscute, de exemplu, iar dacă sunt mai mult de șase sorturi metalice în încărcătură, se condiționează proporțiile de deșuri proprii, de deșuri de oțel și, după caz, unul sau mai multe sorturi metalice. Așadar, calculul analitic se rezumă, de asemenea, la rezolvarea unui sistem cu patru ecuații și patru necunoscute sau chiar a unui sistem cu trei ecuații și trei necunoscute.

### **2.1.1.2. Metoda grafică de calcul al încărcăturii metalice**

Metoda grafică este consacrată calcului proporțiilor de sorturi metalice în cazul în care încărcătura metalică conține două sau trei

asemenea sorturi.

**2.1.1.2.1. Încărcătura metalică este formată din două sorturi metalice**

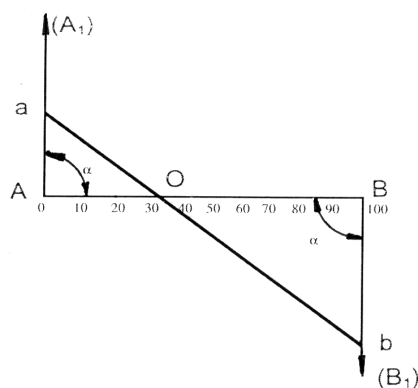
Ca bază de calcul se utilizează elementele chimice siliciul, pe de o parte, și siliciul alături de mangan, pe de altă parte.

**2.1.1.2.1.a. Utilizarea ca bază de calcul a siliciului – metoda coordonatelor paralele**

Fie A și B cele două sorturi metalice și %A și %B proporțiile respective din încărcătură.

În vederea calcului grafic se determină proporția de siliciu din încărcătură, așa cum s-a prezentat la paragrafele 2.1.1.1.a.1, 2.1.1.1.a.2 și 2.1.1.1.a.3. – <%Si>.

Ulterior, se trasează un segment de dreaptă AB ce se împarte într-o sută de părți egale, ca în figura 10.



**Fig.10. Metoda grafică a coordonatelor paralele de determinare a încărcăturii formată din două sorturi metalice, utilizând ca bază de calcul siliciul.**

Prin punctele A și B se trasează semidreptele A(A<sub>1</sub>) și B(B<sub>1</sub>), paralele între ele și care formează cu segmentul de dreaptă AB unghiul  $\alpha$ . În figura 10, de exemplu, unghiul  $\alpha$  are 90 grade.

Pe semidreapta  $A(A_1)$  se trasează, la o scară oarecare, segmentul de dreaptă  $Aa$  ce reprezintă diferența, în modul, dintre proporția de siliciu a sortului metalic  $A - \%Si_A$  – și proporția de siliciu din încărcătură –  $\langle \%Si \rangle$ .

Sorturile  $A$  și  $B$  se aleg în așa fel încât proporțiile de siliciu  $\%Si_A$  și  $\%Si_B$  să nu fie amândouă mai mici sau amândouă mai mari decât proporția de siliciu din încărcătură. Dacă această condiție nu este îndeplinită, metoda coordonatelor paralele nu se poate utiliza.

Pe semidreapta  $B(B_1)$  se trasează, la aceeași scară la care s-a reprezentat și segmentul de dreaptă  $A(A_1)$ , segmentul de dreaptă  $Bb$  ce reprezintă diferența, în modul, dintre proporția de siliciu a sortului metalic  $B - \%Si_B$  – și proporția de siliciu din încărcătură –  $\langle \%Si \rangle$ .

Se unesc punctele  $a$  și  $b$  și se notează cu  $O$  intersecția segmentului de dreaptă  $ab$  cu segmentul de dreaptă  $AB$ .

Segmentul de dreaptă  $AO$  reprezintă proporția de sort  $B$  din încărcătură –  $\%B$  – iar segmentul de dreaptă  $OB$  reprezintă proporția de sort  $A$  din încărcătură –  $\%A$ .

Dacă sorturile  $A$  și  $B$  nu se aleg corespunzător în ceea ce privește conținutul de siliciu, segmentul de dreaptă  $ab$  nu intersectează segmentul de dreaptă  $AB$  și astfel, nu se poate determina componența încărcăturii.

Această metodă se aplică în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare. În cazul în care elaborarea se realizează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, această metodă grafică servește doar la alegerea sortului metalic ce se adaugă în baia metalică remanentă, deoarece proporția din încărcătură a sortului metalic adăugat este diferența dintre 100 și  $\%FR$  (se amintește că  $\%FR$  reprezintă proporția de fontă remanentă lichidă din cuptor).

În cazul în care elaborarea se realizează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, modul de lucru este următorul:

– se trasează segmentul de dreaptă  $AB$  și se împarte într-o sută de părți egale între ele;

- prin punctele A și B se trasează semidreptele A(A<sub>1</sub>) și B(B<sub>1</sub>), paralele între ele;
- pe semidreapta A(A<sub>1</sub>) se trasează segmentul de dreaptă Aa ce reprezintă diferența, în modul, dintre proporția de siliciu total din încărcătură –  $\langle \%Si_{total} \rangle$  și proporția de siliciu din fonta remanentă –  $\langle \%Si_{rem.} \rangle$ ;
- deoarece proporția de fontă remanentă din încărcătură se cunoaște, se amplasează punctul O pe segmentul de dreaptă AB în așa fel încât

$$BO = \%FR, \quad (134)$$

în care BO este un segment de dreaptă. În mod curent, BO = 30;

- se unesc între ele punctele a și O și se prelungește segmentul de dreaptă aO înspre semidreapta B(B<sub>1</sub>) până ce întâlnește această semidreaptă, notându-se intersecția respectivă cu b;
- pe o aceeași scară ca segmentul de dreaptă Aa, se măsoară segmentul de dreaptă Bb ce reprezintă diferența dintre proporția de siliciu total din încărcătură și proporția de siliciu din sortul metalic ce trebuie adăugat în fonta lichidă remanentă dacă proporția de siliciu din fonta remanentă –  $\%Si_{rem.}$  – este mai mare decât proporția de siliciu total din încărcătură –  $\langle \%Si_{total} \rangle$  – și reprezintă diferența dintre proporția de siliciu din sortul metalic ce trebuie adăugat în fonta lichidă remanentă și proporția de siliciu total din încărcătură dacă proporția de siliciu din fonta remanentă este mai mică decât proporția de siliciu total din încărcătură;

$$Bb = \langle \%Si_{total} \rangle - \%Si_{sort\ metalic} \text{ dacă } \langle \%Si_{rem.} \rangle > \langle \%Si_{total} \rangle, \quad (135)$$

în care  $\%Si_{sort\ metalic}$  reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic ce trebuie adăugat în fonta lichidă remanentă;

$$Bb = \%Si_{sort\ metalic} - \langle \%Si_{total} \rangle \text{ dacă } \langle \%Si_{rem.} \rangle < \langle \%Si_{total} \rangle \quad (136)$$

– determinarea proporției de siliciu din sortul metalic ce se adaugă în fonta lichidă remanentă. Astfel, dacă  $\langle \%Si_{rem.} \rangle \gg \langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\%Si_{sort\ metalic}$  se determină cu relația (137) iar dacă  $\langle \%Si_{rem.} \rangle \ll \langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\%Si_{sort\ metalic}$  se determină cu relația (138).

$$\%Si_{sort\ metalic} = \langle \%Si_{total} \rangle - Bb, \text{ dacă } \langle \%Si_{rem.} \rangle \gg \langle \%Si_{total} \rangle \quad (137)$$

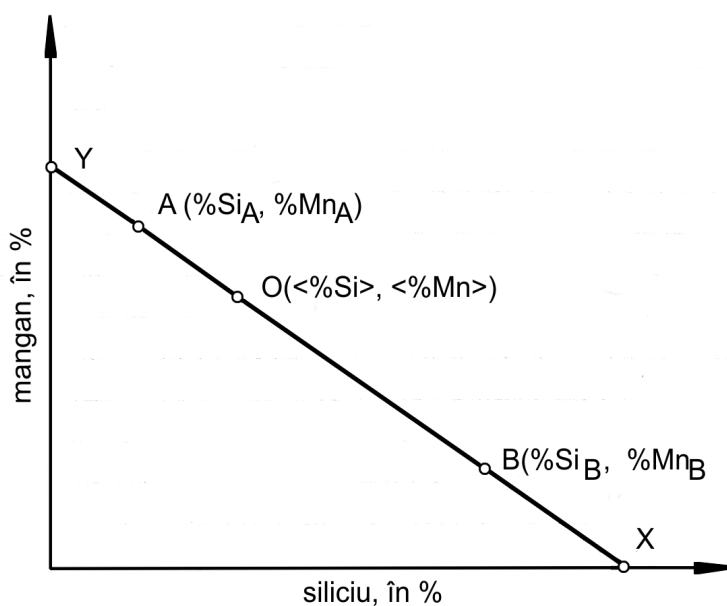
$$\%Si_{sort\ metalic} = Bb + \langle \%Si_{total} \rangle, \text{ dacă } \langle \%Si_{rem.} \rangle \ll \langle \%Si_{total} \rangle \quad (138)$$

Metoda coordonatelor paralele poate fi utilizată și pentru determinarea proporțiilor a două sorturi metalice ce se adaugă în baia de fontă remanentă, în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, dacă se înlocuiește  $\langle \%Si \rangle$ , utilizat la elaborarea fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare, cu  $\langle \%Si_{ad} \rangle$  calculat cu relația (41) și utilizându-se același mod de lucru ca în cazul utilizării  $\langle \%Si \rangle$ .

#### **2.1.1.2.1.b. Utilizarea ca bază de calcul a siliciului și manganului – metoda coordonatelor**

De această dată, se calculează, pe lângă proporția de siliciu din încărcătură –  $\langle \%Si \rangle$  – și proporția de mangan din încărcătură –  $\langle \%Mn \rangle$  –, așa cum s-a prezentat la paragraful 2.1.1.1.b.2.

Se trasează un sistem de axe rectangulare, considerând pe abscisă proporția de siliciu iar pe ordonată proporția de mangan – figura 11.



**Fig.11. Metoda grafică a coordonatelor, de determinare a proporțiilor de două sorturi metalice din încărcătură utilizând ca bază de calcul siliciul și manganul.**

Metoda coordonatelor permite alegerea unui sort metalic – de exemplu B – în funcție de un sort metalic – de exemplu A – deja existent, asigurând și calculul proporțiilor celor două sorturi metalice din încărcătură.

În sistemul rectangular menționat anterior se reprezintă punctul O de coordonate  $\langle \%Si \rangle, \langle \%Mn \rangle$  și punctul A de coordonate  $\%Si_A, \%Mn_A$ , în care  $\%Si_A$  reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic A, sort metalic ales conform criteriilor prezentate la paragraful

2.1.1.1., iar  $\%Mn_A$  reprezintă proporția de mangan din sortul metalic A.

Se unesc punctele A și O și se prelungește segmentul de dreaptă AO dincolo de punctul O până la intersecția cu abscisa (punctul X).

Punctul A poate fi amplasat și pe ordonată, adică punctul Y, ceea ce înseamnă un sort metalic ce nu are siliciu (de exemplu, fonta brută W.C.I., produsă în Australia ce are max. 0,1% Si – a se consulta tabelul 5).

Pe segmentul de dreaptă OX se amplasează punctul B de coordonate  $\%Si_B$ ,  $\%Mn_B$ , în care  $\%Si_B$  reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic B iar  $\%Mn_B$  reprezintă proporția de mangan din sortul metalic B. Așadar, conform metodei coordonatelor, sortul metalic B trebuie să aibă conținuturile de siliciu și mangan în așa fel încât punctul B de coordonate  $\%Si_B$ ,  $\%Mn_B$  să fie situat pe segmentul de dreaptă OX. Punctul B poate fi situat și pe abscisă adică poate fi identic cu punctul X, ceea ce ar însemna ca proporția de mangan din sortul metalic B să fie zero, ceea ce practic rămâne doar o tendință (există, însă, fonte brute, cum ar fi, de exemplu, varianta Sorelmetal S100 produsă în Canada – a se consulta tabelul 5 – care are conținutul de mangan foarte mic, respectiv 0,009% pentru cazul exemplificat). Practic, un sort metalic care să aibă conținuturile de siliciu și mangan ce să facă posibilă amplasarea punctului B de coordonate  $\%Si_B$ ,  $\%Mn_B$  pe segmentul de dreaptă OX este dificil de aflat. De aceea punctul B poate fi amplasat și în apropierea segmentului de dreaptă OX.

Ca și la metoda coordonatelor paralele și la metoda coordonatelor, așa cum s-a specificat și la paragraful 2.1.1.1, valorile proporțiilor de siliciu și mangan ale sorturilor metalice A și B se consideră ca fiind media aritmetică a limitelor minimă și maximă ale intervalelor din standarde, norme de fabricație, fișe de prezentare etc., iar acolo unde valorile sunt prezentate prin minimum sau maximum se aleg valori ce să se încadreze în situațiile respective.

Proporțiile de sorturi metalice A și B – %A și %B – se determină prin rezolvarea sistemului (139).

$$\begin{cases} \frac{\% B}{\% A} = \frac{AO}{BO} \\ \% A + \% B = 100 \end{cases} \quad (139)$$

în care AO reprezintă lungimea segmentului de dreaptă AO iar BO reprezintă lungimea segmentului de dreaptă BO.

Din sistemul (139) rezultă că punctul B nu poate să fie identic cu punctul O deoarece prima ecuație a respectivului sistem nu are sens practic.

Metoda coordonatelor are aplicabilitate practică deoarece, în cazul în care încărcătura metalică este formată din două sorturi metalice și dacă turnătoria dispune doar de un sort metalic, se poate afla foarte ușor cu ce fel de sort metalic trebuie să se realizeze aprovizionarea pentru ca cheltuielile să fie minime în ceea ce privește asigurarea, în fonta propusă a fi elaborată, a conținuturilor de siliciu și mangan. Este evident că achiziționarea sortului metalic trebuie să aibă în vedere și asigurarea conținuturilor de carbon, fosfor și sulf și chiar și a unor elemente chimice de aliere cu scopul ca cheltuielile cu procesarea băii metalice să fie minime.

Metoda coordonatelor prezentată anterior, la acest paragraf, se referă la elaborarea fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența medie sau mare.

În cazul în care elaborarea se realizează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, metoda coordonatelor are scopul doar de a afla conținuturile de siliciu și mangan ale sortului metalic ce se imersează în fonta lichidă remanentă deoarece proporțiile celor



două sorturi metalice din încărcătură se cunosc (%FR și  $100 - \%FR$ ), iar modul de lucru este următorul:

– în sistemul de axe rectangulare din figura 11 se prezintă punctul O de coordonate  $\langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{total} \rangle$  și punctul A de coordonate  $\langle \%Si_{rem.} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{rem.} \rangle$ ;

– se unesc punctele A și O între ele obținându-se segmentul de dreaptă AO și apoi se prelungește segmentul de dreaptă AO înspre abscisă până la intersecția cu aceasta, notându-se cu X respectiva intersecție;

– pe segmentul de dreaptă OX se reprezintă punctul B de coordonate  $\%Si_{Sm}$ ,  $\%Mn_{Sm}$ , în așa fel încât să fie îndeplinită relația (140).

$$BO = AO \frac{\%FR}{100 - \%FR} \quad (140)$$

Fiindcă, în mod curent,  $\%FR = 30$  rezultă că relația (140) devine (141).

$$BO = 0,43 AO \quad (141)$$

$\%Si_{Sm}$  reprezintă proporția de siliciu din sortul metalic ce trebuie adăugat în baia de fontă remanentă iar  $\%Mn_{Sm}$  reprezintă proporția de mangan din același sort metalic.

Așadar, în felul acesta, rezultă proporțiile de siliciu și mangan ale sortului metalic ce trebuie adăugat în baia de fontă remanentă, sort metalic ce este puțin probabil să se afle în baza de șarjare a turnătoriei sau chiar să se poată achiziționa prin colaborare. Ca și în cazul prezentat la elaborarea în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare, se va prezenta (alege) punctul B cât mai aproape de segmentul de dreaptă OB și în circumstanțele respectării relațiilor (140) și (141).

Dacă se face referință la relația (41), adică la proporția de siliciu din încărcătura adăugată și la relația (142), adică la proporția de

mangan din încărcătura adăugată, prin metoda coordonatelor se pot determina proporțiile a două sorturi metalice ce se imersează în baia de fontă remanentă împreună cu conținuturile lor de siliciu și mangan. Concret, punctul O are coordonatele  $\langle \%Si_{ad.} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{ad.} \rangle$  iar modul de lucru este echivalent cu cel prezentat la elaborarea în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare.

$$\langle Mn_{ad.} \rangle = \frac{\langle \%Mn_{total} \rangle - \%FR \frac{\langle Mn_{rem.} \rangle}{100}}{100 - \%FR} \cdot 100, \quad (142)$$

în care  $\langle \%Mn_{ad.} \rangle$  reprezintă proporția de mangan din încărcătura adăugată iar  $\langle Mn_{rem.} \rangle$  reprezintă proporția de mangan din baia de fontă remanentă.

#### **2.1.1.2.2. Încărcătura metalică este formată din trei sorturi metalice**

Ca bază de calcul se utilizează elementele chimice siliciu și mangan.

Metoda grafică servește la alegerea tipurilor de sorturi metalice și la calculul proporțiilor de sorturi metalice din încărcătură.

##### **2.1.1.2.2.1. Alegerea celor trei sorturi metalice – metoda coordonatelor**

Fie că se propune alegerea sorturilor metalice A, B și C.

Se consideră un sistem de axe rectangulare – figura 12 – în care se reprezintă pe abscisă proporția de siliciu iar pe ordonată se reprezintă proporția de mangan.

Se reprezintă în sistemul de axe rectangulare menționat punctul O de coordonate  $\langle \%Si \rangle$ ,  $\langle \%Mn \rangle$ , adică coordonate reprezentând proporțiile de siliciu și de mangan din încărcătură, calculate ca la paragrafele 2.1.1.1.a și 2.1.1.1.b.

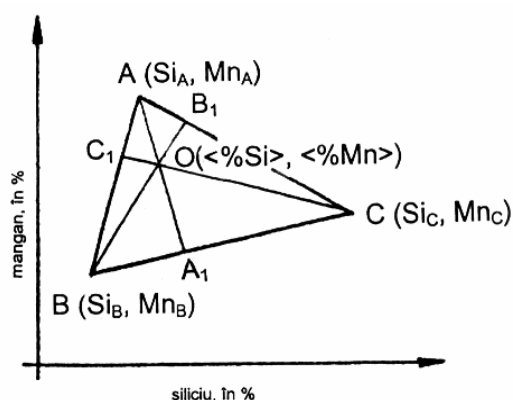


Fig. 12. Metoda grafică a coordonatelor de alegere a trei sorturi metalice și de determinare a proporțiilor a trei sorturi metalice, utilizând ca bază de calcul siliciul și manganul.

În jurul punctului O se amplasează punctele A, B și C de coordonatele următoare: A(%Si<sub>A</sub>, %Mn<sub>A</sub>), B(%Si<sub>B</sub>, %Mn<sub>B</sub>) și C(%Si<sub>C</sub>, %Mn<sub>C</sub>). Simbolurile literare au semnificațiile prezentate anterior, în această monografie, adică respectivele coordonate al punctelor A, B și C reprezintă proporțiile de siliciu și mangan din sorturile metalice A, B și C.

Se unesc, între ele, punctele A, B și C, obținându-se triunghiul ABC.

Cele trei sorturi metalice A, B și C sunt valide dacă punctul O se află amplasat în triunghiul ABC.

Această metodă, așadar, permite să se aleagă din baza de șarjare a turnătoriei cele trei sorturi metalice A, B, C, dacă încărcătura metalică este formată din trei sorturi sau să se achiziționeze prin colaborare cele trei sorturi metalice.

Situația prezentată anterior este valabilă pentru elaborarea fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare.

În cazul în care fonta se elaborează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei iar unul din sorturile metalice ale încărcăturii este reprezentat de fonta remanentă în sistemul rectangular din figura 12 se reprezintă mai întâi punctul O de coordonate

$\langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{total} \rangle$ . Ulterior, când se amplasează punctele A, B și C, unul dintre acestea este cunoscut, deoarece reprezintă coordonatele  $\langle \%Si_{rem.} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{rem.} \rangle$ , urmând ca celelalte două puncte să fie alese în așa fel încât punctul O de coordonate  $\langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{total} \rangle$  să se situeze în interiorul triunghiului ABC.

În cazul în care fonta se elaborează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei iar în baia de fontă remanentă se adaugă trei sorturi metalice, în sistemul rectangular din figura 12 se reprezintă mai întâi punctul O de coordonate  $\langle \%Si_{ad.} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{ad.} \rangle$ , după care se aleg cele trei sorturi metalice A, B și C în așa fel încât punctul O menționat să se situeze în interiorul triunghiului ABC, punctele A, B și C fiind de coordonatele următoare: A( $\%Si_A$ ,  $\%Mn_A$ ), B( $\%Si_B$ ,  $\%Mn_B$ ) și C ( $\%Si_C$ ,  $\%Mn_C$ ).

#### **2.1.1.2.2. Calculul proporțiilor celor trei sorturi metalice prin metoda coordonatelor**

În cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare, trebuie să se respecte procedura ce se prezintă în continuare.

Se unesc vârfurile triunghiului ABC cu punctul O și se prelungesc respectivele segmente de dreaptă (AO, BO și CO) până întâlnesc laturile opuse vârfurilor respective, notându-se respectivele intersecții cu punctele  $A_1$ ,  $B_1$  și  $C_1$ , ca în figura 12.

Proporțiile sorturilor metalice A, B și C, respectiv  $\%A$ ,  $\%B$  și  $\%C$ , se determină prin rezolvarea sistemului (143).

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\%A}{\%B} = \frac{C_1B}{C_1A} \\ \frac{\%A + \%B}{\%C} = \frac{OC}{OC_1} \\ \%A + \%B + \%C = 100 \end{array} \right. \quad (143)$$

în care  $C_1B$ ,  $C_1A$ ,  $OC$  și  $OC_1$  reprezintă lungimea respectivelor segmente de dreaptă.

Soluția sistemului (143) este (144).

$$\%A = \frac{OA_1}{AA_1} \cdot 100, \%B = \frac{OB_1}{BB_1} \cdot 100 \text{ și } \%C = \frac{OC_1}{CC_1} \cdot 100 \quad (144)$$

În cazul în care fonta ce se elaborează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei iar unul din cele trei sorturi metalice din încărcătură este reprezentat de fonta remanentă (de exemplu, sortul A se consideră ca fiind fonta remanentă) prin coroborare cu paragraful 2.1.1.2.2.1., celelalte două proporții de sorturi metalice se determină cu relațiile (145) și (146), la modul general, sau cu relațiile (147) și (148), în cazul în care proporția de fontă remanentă – %FR – este de 30.

$$\%B = \%FR \frac{C_1A}{C_1B} \quad (145)$$

$$\%C = 100 - \%FR \left(1 - \frac{C_1A}{C_1B}\right) \quad (146)$$

$$\%B = 30 \frac{C_1A}{C_1B} \quad (147)$$

$$\%C = 70 - 30 \frac{C_1 A}{C_1 B} \quad (148)$$

În cazul în care fonta se elaborează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei iar cele trei sorturi metalice – A, B și C – se adaugă în baia de fontă remanentă, prin coroborare cu paragrafele 2.1.1.2.2.1., proporțiile de sorturi metalice din încărcătură – %A, %B și %C – se determină prin rezolvarea sistemului echivalent cu sistemul (142) a cărui soluție este cea echivalentă relațiilor (143) (se reamintește că în acest caz punctul O are coordonatele <%Si<sub>ad.</sub>>, <%Mn<sub>ad.</sub>>).

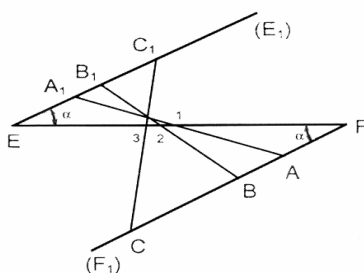
**2.1.1.2.2.3. Calculul celor trei sorturi metalice prin metoda coordonatelor paralele**

În cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare, calculul proporțiilor de sorturi metalice A, B și C, respectiv %A, %B și %C, se realizează apelându-se la modul de lucru ce se prezintă în continuare.

Se trasează un segment de dreaptă EF ce se împarte într-o sută de părți egale – figura 13.

Prin punctele E și F se trasează semidreptele E(E<sub>1</sub>) și F(F<sub>1</sub>), paralele între ele și făcând unghiul α cu segmentul de dreaptă EF.

Pe semidreapta E(E<sub>1</sub>) se amplasează punctele A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub> și C<sub>1</sub>, în așa fel încât EA<sub>1</sub> = OA<sub>1</sub>, EB<sub>1</sub> = OB<sub>1</sub> și EC<sub>1</sub> = OC<sub>1</sub>, OA<sub>1</sub>, OB<sub>1</sub> și OC<sub>1</sub> fiind segmente de dreaptă luate din figura 12.



**Fig.13. Metoda grafică a coordonatelor paralele de determinare a proporțiilor a trei sorturi metalice, utilizând ca bază de calcul siliciul și manganul.**

Pe semidreapta  $F(F_1)$  se amplasează punctele A, B și C, în așa fel încât  $FA = OA$ ,  $FB = OB$  și  $FC = OC$ , OA, OB și OC fiind segmente de dreaptă luate din figura 12.

Se unesc punctele trasate pe semidreapta  $E(E_1)$  cu punctele trasate pe semidreapta  $F(F_1)$  în modul următor:  $A_1$  cu A,  $B_1$  cu B și  $C_1$  cu C.

Se notează intersecția segmentului de dreaptă  $A_1A$  cu segmentul de dreaptă EF cu cifra 1, intersecția segmentului de dreaptă  $B_1B$  cu segmentul de dreaptă EF cu cifra 2 și intersecția segmentului de dreaptă  $C_1C$  cu segmentul de dreaptă EF cu cifra 3.

Segmentul de dreaptă E1 reprezintă proporția de sort A, segmentul de dreaptă E2 reprezintă proporția de sort B iar segmentul de dreaptă E3 reprezintă proporția de sort C.

În cazul în care elaborarea se realizează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, iar, unul din cele trei sorturi metalice din încărcătură este reprezentat de fonta remanentă, pentru determinarea celorlalte două proporții de sorturi metalice, proporția de fontă remanentă fiind cunoscută, se va considera același mod de lucru ca în cazul cuptoarelor ce funcționează la frecvență medie sau mare, cu precizarea că punctul O din figura 12 are coordonatele  $\langle \%Si_{total} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{total} \rangle$  iar unul din punctele A, B și C ca avea coordonatele  $\langle \%Si_{rem} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{rem} \rangle$ .

În cazul în care elaborarea se realizează în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei iar cele trei sorturi metalice A, B și C se adaugă în baia de fontă remanentă, pentru determinarea proporțiilor de sorturi metalice A, B și C – %A, %B și %C – se va considera același mod de lucru ca în cazul cuptoarelor ce funcționează la frecvență medie sau mare, cu precizarea că punctul O din figura 12 va avea coordonatele  $\langle \%Si_{ad} \rangle$ ,  $\langle \%Mn_{ad} \rangle$ .

**2.1.1.2.2.4. Încărcătura metalică este formată din mai mult de trei sorturi metalice**

Calculul proporțiilor de sorturi metalice prin metoda coordonatelor și prin metoda coordonatelor paralele, este posibil pentru maximum trei sorturi metalice.

Metoda coordonatelor și metoda coordonatelor paralele se poate utiliza atât pentru calculul ca atare al proporțiilor celor trei sorturi metalice (după caz, două sorturi) cât și pentru verificarea proporțiilor celor trei sorturi metalice dintr-o încărcătură pentru care calculul s-a efectuat analitic. Mai mult, verificarea prin metoda grafică se poate face pentru proporțiile a trei sorturi metalice în cazul în care încărcătura conține patru sorturi metalice sau mai multe. De exemplu, dacă încărcătura metalică este alcătuită din cinci sorturi metalice – A, B, C, D și DP – ale căror proporții în încărcătura metalică, determinate pe cale analitică sau alte metode decât cea grafică, sunt %A, %B, %C, %D și %DP, verificarea grafică a proporțiilor de sorturi metalice A, B și C, se realizează luând în considerație specificațiile care se prezintă în continuare. Așa, punctul O de coordonate <%Si>, <%Mn>, din figura 12 va avea coordonatele  $Si_{\text{mediu}}$ ,  $Mn_{\text{mediu}}$ ,  $Si_{\text{mediu}}$ ,  $Mn_{\text{mediu}}$  fiind conținuturile medii de siliciu și mangan ale celor trei sorturi necunoscute, respectiv %A, %B și %C, adică în triunghiul ABC se va reprezenta punctul O de coordonate

$$\left( \frac{\frac{\%D \cdot \%Si_D + \%DP \cdot \%Si_{DP}}{100}}{\frac{\%A + \%B + \%C}{100}}, \frac{\frac{\%D \cdot \%Mn_D + \%DP \cdot \%Mn_{DP}}{100}}{\frac{\%A + \%B + \%C}{100}} \right).$$

De asemenea, se precizează că în figura 13, segmentul de dreaptă EF nu se va împărți într-o sută de părți egale, ci în (100-%D-%DP) de părți egale, ceea ce, prin coroborare cu punctul O de coordonate  $Si_{\text{mediu}}$ ,  $M_{\text{mediu}}$ , va determina obținerea prin metoda grafică a proporțiilor de sorturi metalice A, B și C, adică %A, %B și %C, respectându-se metodologia de la paragraful 2.1.1.2.2.3. Proporțiile



de sorturi metalice A, B și C – %A, %B și %C – se pot obține și aplicând metodologia prezentată la paragraful 2.1.1.2.2.2.

Dacă încărcătura metalică este formată din patru sorturi metalice – A, B, C și DP – ale căror proporții în încărcătura metalică, determinate pe cale analitică sau alte metode decât cea grafică, sunt %A, %B, %C și %DP (de exemplu, sortul A poate fi o fontă brută, sortul B poate fi o altă fontă brută, sortul C poate fi o fontă veche iar sortul DP poate fi reprezentat de deșeurile proprii – în exemplul anterior, corespunzător unei încărcături metalice formate din cinci sorturi metalice, sortul D putea fi reprezentat, de exemplu, de deșeurile de oțel), verificarea grafică a proporțiilor de sorturi metalice A, B și C, se realizează luând în considerație specificațiile ce se prezintă în continuare. Trebuie să se considere în figura 12 punctul O de coordonate  $S_{i\text{mediu}}$ ,  $M_{\text{mediu}}$ , adică în triunghiul ABC se va reprezenta punctul O de coordonate

$$\left( \frac{\%DP \cdot \%Si_{DP}}{100}, \frac{\%DP \cdot \%Mn_{DP}}{100} \right), \text{ adică nu se}$$

va reprezenta punctul O de coordonate  $\langle \%Si \rangle$ ,  $\langle \%Mn \rangle$ . De asemenea, în figura 13, segmentul de dreaptă EF nu se va împărți într-o sută de părți egale, ci se va împărți în  $(100 - \%DP)$  de părți egale. În felul acesta, prin metoda coordonatelor paralele, prin coroborare cu punctul O de coordonate  $S_{i\text{mediu}}$ ,  $M_{\text{mediu}}$ , se vor determina proporțiile de sorturi metalice A, B și C (conform paragrafului 2.1.1.2.2.3.). Proporțiile de sorturi metalice A, B și C se pot obține aplicând metodologia prezentată la paragraful 2.1.1.2.2.2.

### 2.1.1.3. Verificarea încărcăturii metalice

În funcție de tipul de încărcătură metalică – numărul de sorturi metalice din încărcătură – există situații ca încărcătura metalică să

asigure pentru fonta propusă a fi elaborată un element chimic (de obicei, siliciul), două elemente chimice (de obicei, siliciul și manganul) sau trei elemente chimice (de obicei, siliciul, manganul și carbonul). Prin urmare, se pune întrebarea dacă celelalte elemente chimice din compoziția chimică a fontei propusă să fie elaborată sunt asigurate – se încadrează între limitele impuse de standarde, norme, contracte etc.

Deoarece sistemele prezentate la paragraful 2.1.1.1. conțineau ecuații de bilanț ale siliciului, manganului și carbonului, după caz, este evident că pentru asemenea elemente chimice nu se mai pune problema verificării calculului încărcăturii. În schimb, se pune problema verificării fosforului, sulfului, elementelor chimice de aliere, și, după caz, a carbonului și manganului.

### 2.1.1.3.1. Verificarea sulfului

În fonta care se elaborează în cuptoare cu inducție, sulful provine de la sorturile metalice din încărcătură și de la materialele nemetalice de adaos.

Proporția de sulf adusă în încărcătura metalică de către sorturile metalice –  $\langle \%S_{sm} \rangle$  – se determină cu relația (149) și este egală cu suma aporturilor în sulf ale sorturilor metalice din încărcătură.

$$\langle \%S_{sm} \rangle = \sum_{i=1}^n (\%sm_i \cdot \frac{\%S_{sm_i}}{100}) \quad (149)$$

în care  $\%sm$  reprezintă proporția de sort metalic  $i$  din încărcătura metalică iar  $\%S_{sm_i}$  – proporția de sulf din sortul metalic  $i$ .

Prin coroborare cu paragrafele 2.1.1.1. și 2.1.1.2,  $\%sm_i$  reprezintă  $\%A$ ,  $\%B$ ,  $\%D$ ,  $\%FR$ ,  $\%DO$  etc.

Dintre materialele nemetalice de adaos în încărcătură care conțin sulf și care determină sulfurarea fontei se precizează materialele de carburare ce sunt și materiale de reducere. Cantitatea de sulf pe care o aduc în fonta din cuptor materialele de carburare –  $[Q_{S_{mc}}]$  – se determină cu relația (150).

$$[Q_{S_{mc}}] = K \frac{S_{mc} \cdot Q_{mc}}{100}, \quad (150)$$

în care  $K$  este un coeficient de sulfurare ce depinde de natura materialului de carburare și ce este prezentat în tabelul 13 pentru câteva materiale de carburare în cazurile în care acestea se introduc o dată cu încărcătura metalică solidă și la suprafața băii metalice;  $S_{mc}$  – proporția de sulf din materialul de carburare;  $Q_{mc}$  – cantitatea de material de carburare ce se introduce în cuptor, în kg/100 kg încărcătură metalică.  $[Q_{S_{mc}}]$  se exprimă în kg/100 kg încărcătură metalică.

Din tabelul 13 se observă că spărturile de electrozi de grafit nu sulfurează fonta, sulfurarea fontei este mai mare dacă materialul de carburare se introduce în cuptor o dată cu încărcătura metalică solidă și cocsul de turnătorie sulfurează cel mai mult fonta, dintre toate materialele de carburare prezentate în tabel etc.

Tabelul 13

**Valori ale coeficientului de sulfurare (K) pentru câteva materiale de carburare, în funcție de momentul introducerii în cuptor.**

Materialul de carburare	Coeficientul de sulfurare (K)	
	În cazul în care materialul de carburare se introduce în încărcătura metalică solidă	În cazul în care materialul de carburare se introduce la suprafața băii metalice
Cocsul de turnătorie	0,77	0,59
Cocs metalurgic	0,53	0,49
Grafit amorf	0,43	0,35
Grafit cristalin	0,74	0,74
Spărturi de electrozi de grafit	0,00	0,00

De exemplu, dacă în cuptor se introduc 2,2 kg cocs de turnătorie/100 kg încărcătură metalică o dată cu încărcătura metalică solidă, cocsul de turnătorie conținând 0,8% sulf, coeficientul de sulfurare (K) având valoarea de 0,77, cantitatea de sulf pe care o aduce în fontă cocsul de turnătorie este dată de relația (151).

$$[Q_{S_{mc}}] = 0,77 \frac{0,8 \cdot 2,2}{100} = 0,013 \text{ kg/100 kg încărcătură metalică} \quad (151)$$

Proporția de sulf din încărcătura metalică, luând în considerație și aportul de sulf al materialului de carburare, se calculează cu relația (152).

$$\langle \%S^* \rangle = \frac{100(\langle \%S_{sm} \rangle + [Q_{S_{mc}}])}{(100 + [Q_{S_{mc}}])}, \quad (152)$$

în care  $\langle S^* \rangle$  reprezintă proporția de sulf din încărcătura metalică, luând în considerație și aportul de sulf al materialului de carburare.

De exemplu, în cazul în care  $\langle \%S_{sm} \rangle = 0,1$  iar  $Q_{S_{mc}} = 0,013$  kg/100 kg încărcătură metalică,  $\langle \%S^* \rangle$  se calculează cu relația (153).

$$\langle \%S^* \rangle = \frac{100(0,1 + 0,013)}{100 + 0,013} = 0,113 \quad (153)$$

Proporția de sulf fin fonta obținută –  $[\%S_{fo}]$  – se determină cu relația (154) sau cu relația (155) dacă se ia în considerație și relația (152).

$$[\%S_{fo}] = \langle \%S^* \rangle \left(1 - \frac{a_s}{100}\right), \quad (154)$$

în care  $\%a_s$  reprezintă proporția de sulf ce se oxidează în timpul elaborării.

$$[\%S_{fo}] = \frac{100(\langle \%S_{sm} \rangle + [Q_{S_{sm}}]) \left(1 - \frac{a_s}{100}\right)}{(100 + [Q_{S_{sm}}])} \quad (155)$$

Se apreciază că în timpul elaborării se oxidează 1,5...3,5% din sulful existent în faza metalică, adică  $\%a_s = 1,5...3,5$ .

De exemplu, dacă  $\langle \%S \rangle = 0,113$  iar  $\%a_s = 3$ , proporția de sulf din fonta obținută are valoarea dată de relația (156).

$$[\%S_{fo}] = (0,113) \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 0,1. \quad (156)$$

În compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, de regulă, conținutul de sulf este impus la o valoare maximă –  $\%S_{imp.}$  –

ceea ce înseamnă că validitatea proporției de sulf este dată de respectarea inegalității (157).

$$[\%S_{fo}] \leq \%S_{imp.} \quad (157)$$

Dacă inegalitatea (157) nu este îndeplinită, înseamnă că baia metalică trebuie procesată în sensul desulfurării.

Dacă pentru carburare și reducere se utilizează mai multe materiale de carburare și reducere se va face o medie ponderată a participațiilor respective la procesul de sulfurare.

#### **2.1.1.3.2. Verificarea fosforului**

Sursele [6] și [9] indică pierderi ne semnificative de fosfor prin oxidare în timpul elaborării fontei în cuptoare cu inducție. Prin urmare, în fonta care se elaborează în cuptoare cu inducție, proporția de fosfor din încărcătură –  $\langle \%P \rangle$  este identică cu proporția de fosfor din fonta obținută –  $[\%P_{fo}]$  respectiv relația (158).

$$\langle \%P \rangle = [\%P_{fo}] \quad (158)$$

Proporția de fosfor din încărcătură se determină cu relația (159).

$$\langle \%P \rangle = \sum_{i=1}^n (\%sm_i \cdot \frac{\%P_{sm_i}}{100}), \quad (159)$$

în care  $\%P_{sm_i}$  reprezintă proporția de fosfor din sortul metalic  $i$   $\langle \%P \rangle$ , fiind egală cu suma aporturilor în fosfor ale sorturilor metalice din încărcătură. Ca și la verificarea sulfurului,  $\%sm_i$  se referă la %A, %B, %C, %D, %FR, %DO etc.

În compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, proporția de fosfor este impusă la o valoare maximă ceea ce înseamnă că validitatea proporției de fosfor este dată de respectarea inegalității (160).

$$[\%P_{fo}] \leq \%P_{imp.}, \quad (160)$$

în care  $\%P_{imp.}$  reprezintă proporția de fosfor impusă în fonta propusă a fi elaborată.

Dacă inegalitatea (160) nu este îndeplinită, înseamnă că baia metalică trebuie procesată în sensul defosforării.

### **2.1.1.3.3. Verificarea carbonului**

Chiar și în cazul în care în încărcătură există cinci sorturi metalice, calculul proporției de sorturi din încărcătură, așa cum s-a prezentat la paragraful 2.1.1.1.e. se rezumă la rezolvarea unui sistem cu trei ecuații și trei necunoscute, preferându-se ca un asemenea sistem să aibă o ecuație de bilanț a siliciului, o ecuație de bilanț a manganului și o ecuație ce reprezintă suma proporțiilor de sorturi metalice din încărcătura metalică și care este de 100 (proporțiile de deșeuri proprii și de deșeuri de oțel se determină prin calcule separate de sistem). Prin urmare, de regulă, nu există o ecuație de bilanț a carbonului, ceea ce înseamnă că trebuie făcută o verificare a carbonului.

Carbonul este adus în fonta lichidă de către sorturile metalice din încărcătura metalică și de către materialele de reducere, care se introduce în cuptor o dată cu încărcătura metalică solidă.

Proporția de carbon adusă în încărcătură de către sorturile metalice din încărcătură se determină cu relația (161).

$$\langle \%C_{sm} \rangle = \sum_{i=1}^n (\%sm_i \cdot \frac{\%C_{sm_i}}{100}) \quad (161)$$

în care  $\langle \%C_{sm} \rangle$  reprezintă proporția de carbon adusă în încărcătură de către sorturile metalice iar  $\%C_{sm_i}$  reprezintă proporția de carbon din sortul metalic  $i$  (sortul metalic  $sm$  se referă la A, B, C, D, FR, DO etc.).

Cantitatea de carbon adusă în încărcătură de către materialele

de reducere –  $\langle Q_{C_{mr}} \rangle$  – se determină cu relația (162)

$$\langle Q_{C_{mr}} \rangle = \sum_{j=1}^m (Q_{mr_j} \cdot \frac{\%C_{mr_j}}{100} \cdot \frac{\eta_j}{100}) \quad (162)$$

În care  $Q_{mr_j}$  reprezintă cantitatea de material de reducere j din încărcătura metalică, exprimată în kg/100 kg încărcătură metalică;  $\%C_{mr_j}$  reprezintă proporția de carbon din materialul de reducere j (ca materiale de reducere se precizează manganul, cocsul metalurgic, cocsul de turnătorie, grafitul de carieră în stare calcinată, grafitul cristalin, cocsul de petrol, electrozii de grafit măcinați, cocsul de lignit, grafitul sintetic, carbura de siliciu etc.);  $\langle Q_{C_{mr}} \rangle$  se exprimă în kg/100 kg încărcătură metalică;  $\eta_j$  – randamentul de asimilare a carbonului din materialul de reducere j). Randamentul de asimilare a carbonului din materialul de reducere depinde de mulți factori și va fi analizat la paragraful ce tratează calculul încărcăturii metalice.

De exemplu, dacă se utilizează 0,2 kg cocs de petrol/100 kg încărcătură metalică, cocsul de petrol conținând 98% carbon și asimilându-se în fontă cu un randament de asimilare de 72% și 0,3 kg carbură de siliciu/100 kg încărcătură metalică, carbura de siliciu conținând 63% carbon și asimilându-se în fontă cu un randament de asimilare de 62%, cantitatea de carbon adusă în încărcătură de către cele două materiale de reducere se calculează cu relația (163).

$$\langle Q_{C_{mr}} \rangle = 0,2 \cdot \frac{98}{100} \cdot \frac{72}{100} + 0,3 \cdot \frac{63}{100} \cdot \frac{62}{100} = 0,26 \quad \text{kg/100 kg} \\ \text{încărcătură metalică} \quad (163)$$

Proporția de carbon din fonta obținută –  $[\%C_{fo}]$  – se



determină cu relația (164)

$$[\%C_{fo}] = \%C_{sm} > (1 - \frac{\%a_C}{100}) + < Q_{C_{mr}} >, \quad (164)$$

în care  $\%a_C$  reprezintă proporția de carbon ce se oxidează în timpul elaborării.  $\%a_C$  a fost analizată la paragraful 2.1.1.1., depinde de mulți factori și este specifică și naturii căptușelii refractare a cuptoarelor. Pentru cele mai utilizate căptușeli refractare – cele de natură chimică acidă –  $\%a_C = 1 \dots 12$ , conform [8].

În compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, conținutul de carbon este impus într-un interval de valori – o limită inferioară și o limită superioară. Se notează cu  $\%C_{imp.}$  proporția de carbon impusă în fonta propusă a fi elaborată.

Dacă proporția de carbon din fonta obținută –  $[\%C_{fo}]$  – se încadrează în intervalul de valori ale proporției de carbon impusă în fonta propusă a fi elaborată –  $\%C_{imp.}$  –, adică îndeplinește relația (165), înseamnă că proporția de carbon se validează (conținutul de carbon este corespunzător).

$$[\%C_{fo}] = \%C_{imp.} \quad (165)$$

În cazul în care este realizată inegalitatea (166) trebuie efectuată carburarea fontei.

$$[\%C_{fo}] < \%C_{imp.} \quad (166)$$

În cazul în care este realizată inegalitatea (167) trebuie efectuată decarburarea fontei.

$$[\%C_{fo}] > \%C_{imp.} \quad (167)$$

Operațiile de carburare și decarburare pot fi dictate și de alți factori, cum ar fi clauzele de contract care ar putea dicta caracteristicile mecanice de rezistență și mai puțin compoziția

chimică, în aceste circumstanțe cele două operații rămânând la latitudinea executantului, de exemplu – este vorba despre toleranța de abatere față de intervalul de valori ale proporției de carbon impusă în fonta propusă a fi elaborată. În toate cazurile de elaborare a fontei, chiar dacă standardul sau beneficiarul nu impun o compoziție chimică pentru fonta propusă a fi elaborată, totuși, executantul trebuie să-și programeze o compoziție chimică pentru respectiva fontă (practic se apelează la experiență, la literatura de specialitate dar și la testări etc.).

În vederea stabilirii momentului optim al introducerii materialului de carburare în cuptor, se prezintă efectul caloric al dizolvării carbonului în fier – tabelul 14.

Tabelul 14

**Variația de entalpie pentru dizolvarea carbonului în fier**

Modul de dizolvare a carbonului	Variația de entalpie ( $\Delta H$ ), în cal/atom gram de carbon
$C \rightarrow Fe_{\text{lichid}}$	6.400
$C \rightarrow Fe_{\gamma}$	10.800
$C \rightarrow Fe_{\alpha}$	20.00

Procesul de dizolvare a carbonului în matricea solventului decurge cu creșterea entropiei ( $\Delta S$ ). Pentru comparație, în tabelul 15 se prezintă variația de entropie în cazul dizolvării carbonului în diverse matrice.

Tabelul 15

**Variația de entropie în cazul dizolvării carbonului în diverse matrice.**

Matricea dizolvantă	Variația de entalpie ( $\Delta S$ ), în cal/mol $^{\circ}C$
oțel cu 1,10% C	9,40
oțel cu 0,20% C	13,25
fontă cu 2,30% C	6,80

În vederea studierii dizolvării carbonului în austenită, adică în

bucățile de sorturi metalice încălzite în domeniul austenitic, dar și în austenita aflată la temperatură mediului ambient, din sorturile metalice cu grad mare de aliere pentru elemente chimice  $\gamma$ -gene, se determină variația de entalpie liberă ( $\Delta G$ ), ținând seama de definiția variației de entalpie liberă, [29] – relația (168) –, pentru un oțel nealiat cu 0,20% C, ținând seama de datele din tabelele 14 și 15, se obține dependența de temperatură a variației de entalpie liberă – relația (169).

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (168)$$

$$\Delta G = 10.800 - 13,25T \quad (169)$$

Pentru ca procesul de carburare să se producă, trebuie ca variația de entalpie liberă să fie mai mică decât zero – să fie negativă. O variație negativă a entalpiei libere, în cazul oțelului nealiat cu 0,20% C, se realizează doar dacă temperatura este mai mare decât 815 K, adică 542°C. Așadar, pentru ca elementul chimic carbon să difuzeze în austenită ( $Fe_\gamma$ ), se impune ca temperatura să fie de minimum 542°C.

Dacă se face referință la elaborarea fontei în cuptoare cu inducție, rezultă că materialul de carburare nu se poate introduce în cuptor o dată cu încărcătura metalică solidă deoarece procesul de carburare începe la temperaturi relativ mari în cazul deșeurilor de oțel nealiat cu 0,20% C (sorturile metalice cu grad de aliere mare pentru elemente chimice  $\gamma$ -gene se folosesc mai rar).

Introducerea materialului de carburare o dată cu încărcătura metalică solidă formată din deșuri de oțel nealiat cu 0,20% C, devine relativ oportună dacă încărcătura metalică se adaugă în baia metalică remanentă în cazul cuptoarelor cu inducție ce funcționează la frecvența rețelei, deoarece deșeurile de oțel se încălzesc într-o perioadă mică la temperaturi de 542°C – încălzire prin conducție de la fonta lichidă remanentă.

În cazul considerării deșeurilor de oțel nealiat cu 1,10% C, dizolvarea carbonului în austenită se realizează cu o variație a entalpiei libere în funcție de temperatură – dependența  $\Delta G$ -T fiind  $\Delta G$

$$= 10.800 \dots 9,4 \cdot T$$

Din relația anterioară rezultă că temperatura minimă începând de la care carbonul se dizolvă în austenită este de  $887^{\circ}\text{C}$ .

Din cele două exemple de deșuri de oțel rezultă că o dată cu creșterea conținutului de carbon din deșeurile de oțel, crește și temperatura la care începe dizolvarea în austenită.

Fie că se consideră fenomenul de dizolvare a carbonului în ferită –  $\text{Fe}_{\alpha}$ .

Pentru analiza carburării oțelului nealiat cu 0,20% C se ia în considerație variația entalpiei libere cu temperatura (dependența  $\Delta G$ -T) – relația (170).

$$\Delta G = 20.000 \dots 13,25 \cdot T \quad (170)$$

Din relația (170) rezultă că temperatura minimă de dizolvare a carbonului în ferită – rezultată prin egalarea cu zero a  $\Delta G$  din relația (170) – este de  $1.236^{\circ}\text{C}$ . Așadar, nu există condiții termodinamice, ca în timpul încălzirii deșeurilor de oțel nealiat până la temperatura eutectoidă, să se realizeze carburarea deșeurilor de oțel respective (să se realizeze dizolvarea carbonului în ferită).

În ceea ce privește dizolvarea carbonului în austenită, se menționează că recomandarea de introducere a materialelor de carburare în cuptor o dată cu încărcătura metalică constituită pe bază de deșuri de oțel cu conținutul de carbon de circa 0,2%, se recomandă mai mult pentru cuptoarele ce funcționează la frecvența rețelei la care bucățile de deșuri de oțel se încălzesc într-o perioadă de timp mică. O asemenea concluzie se bazează pe considerente termodinamice. Realitatea arată că deșeurile de oțel nealiat, sub aspect structural, au matricea metalică austenitică – parțial austenitică – doar la temperaturi mai mari de circa  $720^{\circ}\text{C}$ , ceea ce înseamnă că, de fapt, carbonul se va dizolva în austenită doar la temperaturi mai mari decât circa  $720^{\circ}\text{C}$ . Prin urmare, dacă ne raportăm la temperatura liniei

solidus din diagrama de echilibru termodinamic Fe-C – AHJECF –, prin prisma dizolvării carbonului în austenită apare ca cvasieficiență introducerea materialului de carburare în cuptoarele cu inducție ce funcționează cu frecvență medie și mare, o dată cu deșeurile de oțel cu un conținut de carbon de 0,2%.

Carbonul nedizolvându-se în ferită, în cazul deșeurilor de oțel nealiat cu 0,20%, atât timp cât deșeurile de oțel sunt în stare solidă, rezultă că ar apărea inoportună introducerea materialului de carburare în cuptor, o dată cu acestea, concluzie trasă în ceea ce privește dizolvarea carbonului în ferită.

În cazul deșeurilor de oțel nealiat cu 1,10% C, variația de entalpie liberă cu temperatura pentru dizolvarea carbonului în ferită – dependența  $\Delta G - T$  – are expresia (171).

$$\Delta G = 20.000 - 9,4 \cdot T \quad (171)$$

Din expresia (171) rezultă că temperatura minimă de difuzie a carbonului în ferită este de 1.854<sup>0</sup>C, ceea ce confirmă absența condițiilor termodinamice de difuzie a carbonului în ferită. Prin urmare, crescând conținutul de carbon în deșeurile de oțel temperatura minimă termodinamică de început de difuzie a carbonului în ferită se mărește. Concret, carbonul nu are condiții termodinamice de difuzie în ferită și apare ca inoportună introducerea materialului de carburare în cuptoarele ce funcționează cu frecvența medie și mare o dată cu încărcătura metalică solidă formată din deșeuri de oțel.

În cazul deșeurilor de fontă cu 2,3%C, variația de entalpie liberă cu temperatura – dependența  $\Delta G - T$  – are expresia (172).

$$\Delta G = 10.800 - 6,8 \cdot T \quad (172)$$

Din expresia (172) rezultă că temperatura minimă de dizolvare a carbonului în ferită este 2.668<sup>0</sup>C. Prin urmare, cu cât conținutul de carbon din încărcătura metalică este mai mare, cu atât

fenomenul de dizolvare a carbonului în ferită este mai frânat din punct de vedere termodinamic.

În cazul deșeurilor de fontă cu 2,3% C, dependența  $\Delta G - T$  corespunzătoare dizolvării carbonului în austenită are expresia (173).

$$\Delta G = 10.800 - 6,8 \cdot T \quad (173)$$

Din expresia (173) rezultă că temperatura minimă de dizolvare a carbonului în austenită este 1.315<sup>0</sup>C, adică foarte mare.

Dacă încărcătura metalică este alcătuită din fontă – brută, veche și deșeuri proprii – nu se justifică introducerea materialului de carburare o dată cu ea în cuptoare, indiferent dacă acestea funcționează la frecvență medie, mare sau la frecvența rețelei.

Dacă încărcătura metalică ce se adaugă în baia metalică remanentă este formată exclusiv din deșeuri de oțel – fonta care se elaborează este semisintetică –, introducerea materialului de carburare în cuptor o dată cu acestea, nu este eficientă.

Dacă fonta care se elaborează este sintetică, cuptorul cu inducție funcționând la frecvența medie și mare, nu se recomandă ca materialul de carburare să se introducă în cuptor o dată cu încărcătura metalică.

Se precizează că, o dată introdus în cuptor cu încărcătura metalică solidă și în special în cuptorul ce funcționează la frecvențe medii și mari, materialul de carburare suportă oxidarea parțială a carbonului, rezultând CO și CO<sub>2</sub>, degajarea materialelor volatile, antrenarea cenușei în mediul ambiant etc. Așa, carburarea devine un fenomen neecologic și determină și un randament de asimilare a carbonului mic – carburare ineficientă.

Concluzia finală este că cel mai indicat este să se introducă materialele de carburare în baia metalică.

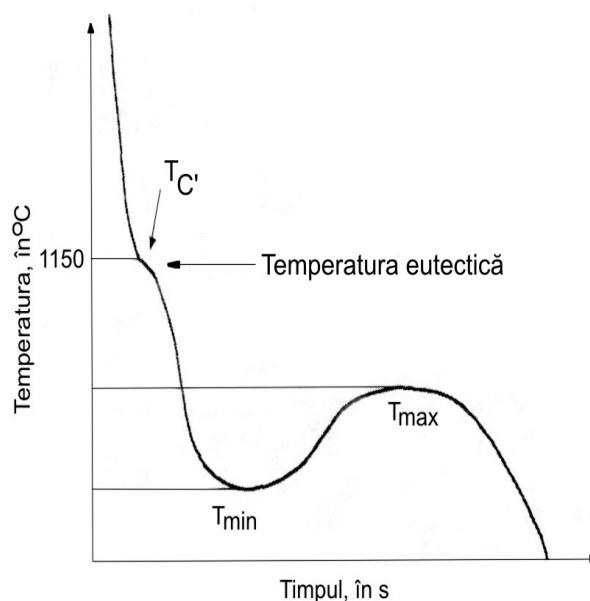
Compoziția chimică a diferitelor materiale de carburare este prezentată la paragraful referitor la pregătirea încărcăturii nemetalice.

Materialele de carburare, o dată introduse în cuptor, se implică în mod complex asupra calității fontei propusă a fi obținută, prin factorii următori: conținutul lor de sulf, carbon legat, cenușă, apă, volatile și azot, porozitate, mărimea granulației, structură dar și prin particularitățile fontei pe care o carburează – agitatea electromagnetică a băii metalice, compoziția chimică a băii metalice, temperatura băii metalice etc.

Alegerea materialului de carburare nu trebuie să se bazeze doar pe considerente economice, ci trebuie să aibă în vedere și consecințele asupra calității pieselor turnate obținute – defecte de turnare, cu accent pe tendința mare de albire și porozitate.

Dacă se constată că între anumite materiale de carburare compozițiile chimice sunt apropiate, în schimb, structurile determinate cu microscopul electronic sunt diferite.

Utilizarea cocsului de petrol calcinat ce are sulf în cantitate foarte mică și chiar a deșeurilor de grafit, determină o recalescență mare, ceea ce conduce la o germinare intensă în timpul cristalizării, aspect foarte important în cazul modificării fontei cu magneziu. Prin recalescență se înțelege diferența dintre temperatura maximumului și temperatura minimumului curbei de răcire sub temperatura eutectică – se notează cu  $dT_R$  și se exprimă prin relația (174). Recalescența este pusă în vedere și în figura 14.



**Fig.14. Curba de răcire a unei fonte date, în vederea exemplificării recalescenței:  $T_{C'}$ , reprezintă temperatura punctului  $C'$  din diagrama de echilibru termodinamic Fe-C – sistemul stabil.**

$$dT_R = T_{max.} - T_{min.} \quad (174)$$

în care  $T_{max.}$  reprezintă temperatura maximumului curbei de răcire de sub temperatura eutectică;  $T_{min.}$  – temperatura minimumului curbei de răcire de sub temperatura eutectică.

Cu cât recalescența este mai mare, cu atât este mai mare numărul de germeni de cristalizare.

Materialele de carburare intervin și asupra supraîncălzirii în stare solidă, cu ocazia tratamentelor termice. Supraîncălzirea în stare



solidă –  $dT_{SS}$  – se determină cu relația (175).

$$dT_{SS} = 1.150 - T_{\min}. \quad (175)$$

Dacă supraîncălzirea în stare solidă este mare, nucleerea în timpul cristalizării este mică iar tendința de mărire a durității este accentuată.

Dacă supraîncălzirea în stare solidă este mică, fonta dispune de o structură metalografică omogenă și de caracteristici mecanice de rezistență bune.

O recalescență mare este mult mai benefică decât o supraîncălzire în stare solidă mică.

Dacă se cunosc recalescențele și supraîncălzirile în stare solidă asociate materialelor de carburare pentru fontele ce se elaborează, rezultă că se pot alege materialele de carburare în așa fel încât să se obțină o structură foarte fină, o structură omogenă, caracteristici mecanice de rezistență mari, efect de albire minim etc.

Efectul termic al procesului de carburare este endoterm, așa cum reiese din tabelul 14. Dacă se realizează carburarea prin introducerea materialului de carburare în fonta lichidă, temperatura băii metalice scade cu circa  $50^{\circ}\text{C}$  pentru fiecare procent de carbon asimilat. Sub aspectul efectului termic endoterm al carburării, apare situația analizării consecințelor scăderii temperaturii în timpul etapei de topire și în timpul etapei de supraîncălzire. Astfel, dacă materialul de carburare se introduce o dată cu încărcătura metalică solidă în cuptor, efectul endoterm al carburării generează prelungirea duratei de topire și, astfel, mărirea pierderilor de elemente chimice prin oxidare, deoarece procesele de oxidare sunt exoterme și, conform principiului lui Le Châtelier temperaturile mici le accelerează. Dacă materialul de carburare se introduce în fonta lichidă, este adevărat că se prelungeste durata de supraîncălzire din cauza efectului endoterm al carburării, însă, pierderile de elemente chimice prin oxidare sunt mici, datorită aceluiași principiu – Le Châtelier – care stipulează că temperaturile

mari frânează procesele de oxidare până la inhibarea lor. Așadar, dacă materialul de carburare se introduce în cuptor o dată cu încărcătura metalică solidă, se măresc pierderile de elemente chimice prin oxidare, se obține o cantitate mai mică de fontă, iar dacă se ia în considerație raportarea la o anumită cantitate de fontă, rezultă că, crește costul fontei elaborate. Conform principiului lui Le Châtelier, procesul endoterm de carburare este accelerat doar de temperaturile mari, ceea ce înseamnă, o dată în plus, că introducerea materialelor de carburare trebuie să se facă după ce baia metalică a fost supraîncălzită și înaintea alierii sau corectării băii metalice prin adaos în ceea ce privește următoarele elemente chimice: Si, Cu, Ni, Al, Co și Mo.

Calculul necesarului de material de carburare este prezentat la paragraful corespunzător încărcăturii nemetalice.

#### **2.1.1.3.4. Verificarea elementelor chimice de aliere**

Elementele chimice de aliere sunt aduse inițial în fontă doar de către sorturile metalice.

Dacă se notează cu  $E$  elementul chimic de aliere, proporția de element chimic de aliere adusă în încărcătură de către sorturile metalice din încărcătură –  $\langle \%E_{sm} \rangle$  – se determină cu relația (176).

$$\langle \%E_{sm} \rangle = \sum_{i=1}^n (\%sm_i \cdot \frac{\%E_{sm_i}}{100}), \quad (176)$$

în care  $\%E_{sm_i}$  reprezintă proporția de element chimic de aliere din sortul metalic  $i$  iar  $n$  reprezintă numărul de sorturi metalice din încărcătură.

În compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, conținuturile de elemente chimice de aliere sunt impuse într-un interval de valori – o limită inferioară și o limită superioară. Se notează cu  $\%E_{imp}$  proporția de element chimic de aliere impusă în fonta propusă a fi elaborată, proporție ce trebuie comparată cu proporția de element de aliere din fonta obținută –  $[\%E_{fo}]$ .

Proporția de element chimic de aliere din fonta obținută se determină cu relația (177).

$$[\% E_{fo}] = \% E_{sm} > \left(1 - \frac{\% a_E}{100}\right), \quad (177)$$

în care  $\%a_E$  reprezintă proporția de element chimic de aliere E ce se oxidează în timpul elaborării.

În cazul elaborării fontei în cuptoare căptușite acid – cazul cel mai întâlnit în practica industrială –, proporția de elemente chimice de aliere ce se pierde prin oxidare are valorile prezentate în tabelul 16.

Tabelul 16

**Valorile proporțiilor de elemente chimice de aliere ce se pierd prin oxidare în timpul elaborării fontei în cuptoare căptușite acid și care funcționează la frecvență medie sau mare.**

Elementul chimic de aliere	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	V	WCu
Proporția de element chimic ce se pierde prin oxidare	0...7	10...30	5...7	0	25...35	0	20...30	0

Valorile prezentate în tabelul 16 se referă la elaborarea în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare.

În cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei, valorile  $\%a_E$  sunt inferioare celor prezentate în tabelul 16.

Se apreciază că în cazul căptușelii neutre valorile  $\%a_E$  sunt sensibil mai mici decât cele constatate în cazul căptușelii acide datorită disponibilului mai mic de  $SiO_2$  etc., iar în cazul căptușelii bazice valorile lui  $\%a_E$  sunt sensibil mai mari decât cele constatate în

cazul căptușelii acide din cauza disponibilului mai mare de FeO din zgură etc.

În cazul în care se respectă relația (178), adică proporția de element chimic de aliere din fonta obținută se încadrează între limitele proporției de element chimic de aliere impus din fonta propusă a fi elaborată, nu este nevoie să se facă vreo corecție pentru respectivul element chimic de aliere.

$$[\% E_{fo}] = \% E_{imp}. \quad (178)$$

Dacă este îndeplinită inegalitatea (179) se impune ca baia metalică să suporte o procesare suplimentară în sensul alierii.

$$[\% E_{fo}] < \% E_{imp \cdot inf}. \quad (179)$$

în care  $\% E_{imp \cdot inf}$  reprezintă limita inferioară a intervalului în care trebuie să se situeze conținutul de element chimic de aliere.

Dacă este îndeplinită inegalitatea (180) se impune ca faza metalică – baia metalică – să suporte o operație de diluare pentru elementul de aliere respectiv.

$$[\% E_{fo}] > \% E_{imp}. \quad (180)$$

Operația de diluare a băii metalice pentru unul sau mai multe elemente chimice de aliere este în principiu o operație dificilă, motiv pentru care se recomandă realegerea sorturilor metalice din încărcătura metalică în așa fel încât să nu mai fie nevoie de diluare – să se îndeplinească relațiile (178) sau (179). În cazul îndeplinirii inegalității (179) se impune adăugarea în faza metalică a materialelor de aliere care pot fi feroaliaje, prealiaje, elemente brute de aliere, elemente rafinate de aliere, dar și fonte sau oțeluri aliate.

În cazul elaborării fontei în cuptoare cu inducție, o dată cu încărcătura metalică solidă, se recomandă să se introducă materialele de aliere care conțin doar elemente chimice nichel și cupru, acolo unde este cazul.

În vederea calculării necesarului de materiale de aliere în încărcătura metalică, se determină conținutul mediu de element chimic de aliere din fonta impusă să se elaboreze ca fiind media aritmetică a limitelor inferioară și superioară ale conținutului respectiv – relația 181.

$$\% E_{\text{imp. mediu}} = \frac{\% E_{\text{imp. sup.}} - \% E_{\text{imp. inf.}}}{2} \quad (181)$$

în care  $\% E_{\text{imp. mediu}}$  reprezintă conținutul mediu al elementului de aliere E din fonta impusă să se elaboreze;  $\% E_{\text{imp. sup.}}$  – limita superioară a intervalului în care trebuie să se situeze conținutul de element chimic de aliere. De exemplu, dacă trebuie să se elaboreze o fontă austenitică ce trebuie să conțină, ca elemente chimice de aliere, 13,5...17,5% Ni, 5,5...7,5% Cu și 2,5...3,5% Cr, conținuturile medii

ale elementelor chimice de aliere sunt  $\frac{13,5 + 17,5}{2} = 15,5\%$  pentru Ni,  $\frac{5,5 + 7,5}{2} = 6,5\%$  pentru cupru și  $\frac{2,5 + 3,5}{2} = 3\%$  pentru crom.

În inegalitatea (179), în membrul drept,  $\% E_{\text{imp.}}$  reprezintă de fapt  $\% E_{\text{imp. inf.}}$ .

Cantitatea de material de aliere se determină cu relația (182).

$$Q_M = \frac{\% E_{\text{imp. mediu}} - [\% E_{\text{fo}}]}{\% E_M \cdot \eta_E} \cdot 10^2, \quad (182)$$

în care  $Q_m$  reprezintă cantitatea de material de aliere, exprimată în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $\%E_m$  – proporția de element chimic de aliere din materialul de aliere;  $\eta_E$  – randamentul de asimilare al elementului chimic de aliere din materialul de aliere în fontă.

Randamentul de asimilare al elementelor chimice de aliere depinde de următorii factori:

- afinitatea chimică față de oxigen a elementelor chimice de aliere;
- cantitatea de oxigen – FeO – din faza metalică;
- cantitatea de FeO liber, nelegat chimic, din zgură;
- viscozitatea zgurii;
- temperatura zgurii;
- mărimea granulației materialului de aliere;
- starea de agregare a materialului de aliere;
- cantitatea de material de aliere;
- afinitatea chimică a elementelor chimice de aliere față de alte elemente chimice prezente în faza metalică;
- efectul termic al dizolvării elementelor chimice de aliere în faza metalică, respectiv endoterm, exoterm sau fără efect termic (valoarea entalpiei de dizolvare, adică pozitivă, negativă, respectiv nulă);
- dacă se dizolvă sau nu în faza metalică compușii chimici la care dau naștere elementele chimice de aliere;
- natura soluțiilor la care dau naștere elementele chimice de aliere – reale sau ideale, cu solubilitate totală sau parțială (diluată, infinit diluată);
- temperatura de preîncălzire a materialului de aliere;
- tehnica de introducere a materialului de aliere în faza metalică;

## Verificarea încărcăturii metalice

---

- dacă materialul de aliere a fost sau nu calcinat înainte de introducere în faza metalică;
- masa specifică a materialului de aliere;
- natura materialului de aliere – feroaliaj, prealiaj, metal brut și metal rafinat;
- gradul de agitare al fazei metalice;
- gradul de puritate al materialului de aliere;
- compoziția chimică a fazei metalice care se aliază etc.

Numărul mare de factori implicați în procesul de asimilare al elementelor chimice de aliere, face ca randamentul de asimilare să fie dificil de cunoscut și să se cunoască mai mult prin considerente practice.

În tabelul 17 se prezintă, orientativ, randamentele de asimilare ale elementelor chimice de aliere, în cazul cuptoarelor cu inducție căptușite acid.

Tabelul 17

### **Randamentele de asimilare, orientative, ale elementelor chimice de aliere uzuale, în fontă, în cuptoare cu inducție căptușite acid.**

Elementul chimic	P	Ni	Mo	Cr	Mn	Si	V	Ti	W	Al	Cu
Randamentul de asimilare, $\eta_E$ , în %	85 ...	96 ...	96 ...	88 ...	97 ...	94 ...	98 ...	20 ...	98 ...	70 ...	96 ...
	90	97	97	90	98	97	99	30	99	90	97

Momentul de introducere, recomandat, al materialelor de aliere în faza metalică (s-a apelat la noțiunea de fază metalică deoarece aceasta include atât încărcătura metalică a cuptorului – solidă sau lichidă – cât și baia metalică ce se obține după etapa de topire) este prezentat în tabelul 18. Așa se estimează obținerea unor valori maxime ale randamentelor de asimilare. Momentul optim de introducere în cuptor a materialului de aliere se raportează la

elementul chimic de aliere principal din materialul de aliere – sub aspect cantitativ și calitativ.

Materialele de aliere recomandate să se introducă în cuptor o dată cu încărcătura metalică sunt cele pe bază de nichel și cupru.

Cantitatea de material de aliere calculată cu relația (182) se raportează la încărcătura metalică calculată analitic, prin metode grafice sau prin tatonare, adică se adaugă la 100 kg de încărcătură metalică. În cazul cuptoarelor ce funcționează la frecvența rețelei, încărcătura metalică conține baia metalică remanentă și încărcătura metalică ce se introduce în cuptor.

Tabelul 18

**Momentele de introducere, recomandate, ale materialelor de aliere în cuptoarele cu inducție.**

Elementul chimic de aliere principal din materialul de aliere	Momentul introducerii în cuptor		
	O dată cu încărcătura metalică	Imediat după topire	Cu puțin timp înainte de evacuarea fontei din cuptor
P	Nu	Nu	Da
Ni	Da	Da	Da
Mo	Nu	Da	Da
Cr	Nu	Nu	Da
Mn	Nu	Nu	Da
Si	Nu	Da	Da
V	Nu	Da	Da
Ti	Nu	Nu	Da
W	Nu	Da	Da
Al	Nu	Nu	Da
Cu	Da	Da	Da

Conform recomandărilor din tabelul 18, o dată cu încărcătura metalică se introduc în cuptor doar elementele de aliere Ni și Cu, acestea și caracterizându-se prin afinitatea chimică față de oxigen cea mai mică în raport cu celelalte elemente chimice de aliere uzuale, [16].



În circumstanțele de temperaturi specifice elaborării fontei, afinitatea chimică față de oxigen a cuprului este mai mică decât cea a nichelului.

Dacă s-ar lua în considerație elementele chimice de aliere în stare pură, afinitatea chimică față de oxigen comparativă, într-un interval de temperatură general 0...1,792<sup>0</sup>C, [17], ar fi cea prezentată în tabelul 19 (prin comparație cu fierul).

Tabelul 19

**Situația comparativă a afinității chimice față de oxigen a elementelor chimice de aliere uzuale, fierului și magneziului, în stare pură.**

Elementele chimice de aliere uzuale, fierul și magneziul, în ordine crescătoare de la stânga spre dreapta, în ceea ce privește afinitatea chimică față de oxigen	Ca	Ni	Fe	Mo	W	P	Cr	Mn	V	Si	Al	Mg	Ti
	← afinitate chimică minimă						afinitate chimică → maximă						

Nichelul se poate introduce în cuptor sub formă de nichel primar cu conținuturi de nichel de 97,6...99,99%, de exemplu, conform STAS 10502-76 – tabelul 20.

Sursa bibliografică [25] recomandă pentru aliere cu nichel și prealiajul nichil-siliciu (92% nichel și 6% siliciu), însă, în acest caz, recomandându-se ca materialul de aliere să nu se introducă în cuptor o dată cu încărcătura din cauza pierderilor mari de siliciu prin oxidare.

Tabelul 20

**Compoziția chimică a nichelului primar, conform STAS 10502-76, [5].**

<b>Simbol</b>	<b>Compoziția chimică, în % (minimum pentru metalul de bază și maximum pentru impurități)</b>	<b>Marcaje, observații</b>
Ni 99,99	99,99 Ni+Co; 0,005Co; 0,005C; 0,001 Al; 0,001 Si; 0,01 P; 0,001 S; 0,001 Mn; 0,001 Mg; 0,002 Fe; 0,001Cu;0,0005 Zn; 0,0005 As; 0,0003 Cd; 0,0003 Sn; 0,0003 Sb; 0,0003 Bi; 0,0003 Pb	Catozi
Ni 99,95	99,95 Ni+Co; 0,01 Co; 0,01 C; 0,001 Mg; 0,002 Si; 0,001 P; 0,001 S; 0,01 Fe; 0,02 Cu; 0,001 Zn; 0,001 As; 0,001 Cd; 0,001 Sn; 0,001 Sb; 0,001 Pb; 0,001 Bi	Catozi
Ni 99,8	99,8 Ni+Co; 0,15 Co; 0,02 C; 0,002 Si; 0,003 S; 0,04 Fe; 0,04 Cu; 0,005 Zn; 0,005 As	Catozi, blocuri și granule
Ni 99,5	99,5 Ni+Co; 0,20 Co; 0,05 C; 0,005 Si; 0,10 Fe; 0,15 Cu; 0,05 Zn; 0,05 As; 0,10 Pb	Catozi
Ni 98,6	98,6 Ni+Co; 0,70 Co; 0,10 C; 0,03 S; 0,60 Cu	Catozi, blocuri și granule
Ni 97,6	97,6 Ni+Co; 0,70 Co; 0,15 C; 0,04 S; 1,0 Cu	Granule și lingouri

Dacă fonta ce se elaborează este complex aliată, în funcție de compoziția chimică a fontei propusă să se elaboreze, nichelul se poate introduce în cuptor și sub formă de prealiaj nichel-cupru (65% Ni și 35% Cu), o dată cu încărcătura metalică, sau prealiaje din sistemele aluminiu-siliciu-cupru-nichel (STAS 201/1 – 80), aluminiu-nichel (80% Al și 20% Ni), aluminiu-nichel-cupru (50% Al, 40% Ni și 10% Cu), cupru-nichel (67...85% Cu și 15...33% Ni) etc., acestea

introducându-se în cuptor imediat după topire sau cu puțin timp înainte de evacuarea fontei din cuptor.

De exemplu, dacă proporția de Ni, medie, din fonta propusă a fi elaborată este de 15,5 iar proporția de Ni din fonta obținută utilizând încărcătura determinată analitic, grafic sau prin tatonare, este de 8,7, alegând să se utilizeze ca material de aliere nichel primar, simbol Ni 98,6 – tabelul 20 –, acceptând un randament de asimilare al nichelului de 96% – tabelul 17 –, cantitatea de nichel primar ce se introduce în cuptor (relația (182)) este următoarea:

$$Q_M = Q_{Ni \text{ primar}} = \frac{15,5 - 8,7}{97,9 \cdot \frac{96}{100}} \cdot 100 = 7,24 \text{ kg Ni primar/100 kg}$$

încărcătură metalică.

Cuprul se poate introduce în cuptor sub formă de cupru rafinat, de exemplu, conform STAS 270/1-80 – tabelul 21.

Tablelul 21

**Compoziția chimică a cuprului rafinat, conform STAS 270/1-80, [5]**

Simbol	Compoziția chimică, în % (minimum pentru metalul de bază și maximum pentru impurități)	Marcaje, observații
0	1	2
Cu 99,98 b	99,98 Cu+Ag; 0,0008 Bi; 0,002 Sb; 0,002 As; 0,004 Fe; 0,0008 Ni; 0,002 Pb; 0,0008 Sn; 0,004 S; 0,002 O <sub>2</sub> ; 0,002 Zn; 0,001 P	Cupru cu oxigen, turnat continuu
Cu 99,97 b I	99,97 Cu+Ag; 0,001 Bi; 0,002 Sb; 0,002 As; 0,004 Fe; 0,001 Ni; 0,002 Pb; 0,001 Sn; 0,004 S; 0,003 O <sub>2</sub> ; 0,003 Zn; 0,002 P	Cupru cu oxigen, turnat continuu
Cu 99,97 b II	99,97 Cu+Ag; 0,001 Bi; 0,003 Sb; 0,003 As; 0,002 Ni; 0,003 Pb; 0,001 Sn; 0,004 S; 0,004 Fe; 0,003 O <sub>2</sub> ; 0,003 Zn; 0,002 P	Cupru cu oxigen, turnat continuu
Cu 99,95	99,95 Cu+Ag; 0,001 Bi; 0,004 Si; 0,004 As; 0,005 Fe; 0,002 Ni; 0,004 Pb; 0,002 Sn; 0,004 S; 0,004 Zn; 0,003 P	Cupru, turnat continuu

Tabelul 21 – continuare

0	1	2
Cu 99,97 k	99,97 Cu+Ag; 0,001 Bi; 0,002 Sb; 0,002 As; 0,004 Fe; 0,002 Ni; 0,003 Pb; 0,002 Sn; 0,004 S; 0,003 Zn	Cupru electrolitic sub formă de catozi
Cu 99,95 k	99,95 Cu+Ag; 0,001 Bi; 0,003 Sb; 0,003 As; 0,005 Fe; 0,002 Ni; 0,005 Pb; 0,002 Sn; 0,004 S; 0,004 Zn	Cupru electrolitic sub formă de catozi sau alte forme
Cu 99,9	99,90 Cu+Ag; 0,002 Bi; 0,002 Sb; 0,002 As; 0,005 Fe; 0,002 Ni; 0,005 Pb; 0,002 Sn; 0,005 S; max. 0,06 O <sub>2</sub> ; 0,005 Zn	Cupru obținut prin retopirea catozilor
Cu 99,9 p	99,90 Cu+Ag; 0,002 Bi; 0,002 Sb; 0,002 As; 0,005 Fe; 0,002 Ni; 0,005 Pb; 0,002 Sn; 0,005 S; 0,005 Zn; 0,03...0,08 P	Cupru dezoxidat cu fosfor
Cu 99,5	99,50 Cu+Ag; 0,003 Bi; 0,05 Sb; 0,05 Fe; 0,4 Ni; 0,05 Pb; 0,05 Sn; 0,01 S; 0,05 As	Cupru obținut prin retopirea deșeurilor

Dacă fonta care se elaborează este complex aliată, în funcție de compoziția chimică a fontei propusă să fie elaborată, cuprul se poate introduce în cuptor și sub formă de prealiage, cum ar fi cupru-staniu (STAS 197/1-80) ce conține 9...15% Sn, 0...2% Ni, maximum 0,8% Zn, 1% Pb, 0,2% Sb, 0,2% Fe, 0,02% Al, 0,1% S, 0,01% Bi, 0,01% Mg, 0,15% As, 0,2% Mn, 1% Ni (peste cele 0...2% care sunt incluse în cupru) și în rest cupru, cupru – aluminiu (STAS 198/1-80) ce conține 8,5...10,0% Al, maximum 0,6% impurități (exclusiv Mn, Fe și Ni) și în rest cupru, cupru-aluminiu-fier (STAS 198/1-80) ce conține 8,5...10,5% Al, 2...4% Fe, maximum 0,8% impurități (exclusiv Sn) și în rest Cu, dar și varianta ce conține 9...11% Al, 2,0...4,5% Fe, maximum 0,5% impurități (exclusiv Mn și Ni) și în rest Cu, cupru-aluminiu-fier-nichel (STAS 198/1-80) ce conține 8,5...10,7% Al, 4...6% Fe, 4,0...6,5 Ni, maximum 1,5% Mn, 0,5%

impurități și în rest Cu, cupru-aluminiu-mangan (STAS 198/1-80) ce conține 8...10% Al, 1,5...2,5% Mn , maximum 2,4% impurități (exclusiv Ni) și în rest Cu, dar și prealiaje aluminiu-nichel-cupru (50% Al, 40% Ni și 10% Cu), cupru-crom (90% Cu și 10% Cr), cupru-fier (90...95% Cu și 5...10% Fe), cupru-mangan (73% Cu și 27% Mn), cupru-nichel (67...85% Cu și 15...33% Ni), cupru-siliciu (84% Cu și 16% Si sau 75% Cu și 25% Si), cupru-titan (96% Cu și 4% Ti sau 70% Cu și 30% Ti) etc., toate aceste prealiaje introducându-se în cuptor după topire – imediat sau înainte cu puțin timp de evacuarea fontei. Termenul de “imediat după topire” înseamnă de fapt, de regulă, “după atingerea temperaturii maxime de supraîncălzire în stare lichidă”. Introducerea materialelor de aliere în baia metalică, cât mai aproape de momentul finalizării topiturii, se realizează și în consens cu tabelul 19 – cu afinitatea chimică față de oxigen a elementelor chimice de aliere din compoziția chimică a materialului de aliere.

#### **2.1.1.3.5. Verificarea manganului**

În cazul în cazul încărcătura metalică conține două sorturi metalice iar calculul analitic sau grafic a avut ca bază de calcul siliciul și, de asemenea, în cazul în care încărcătura metalică este constituită dintr-un sort metalic și s-a folosit ca bază de calcul siliciul, apare și problema verificării manganului.

Manganul este adus, inițial, în încărcătura metalică, de către sorturile metalice.

Proporția de mangan adusă în încărcătură de către sorturile metalice –  $\langle \%Mn_{sm} \rangle$  – se calculează cu relația (183).

$$\langle \%Mn_{sm} \rangle = \sum_{i=1}^n (\%sm_i \cdot \frac{\%Mn_{sm_i}}{100}), \quad (183)$$

în care  $\%Mn_{sm_i}$  reprezintă proporția de mangan din sortul metalic i.i poate avea valoarea maximum 3 dacă se ia în considerație și aportul în mangan al fontei remanente în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei.

În compoziția chimică a fontei propusă a fi elaborată, conținutul de mangan este impus, de regulă, într-un interval de valori – o limită inferioară și o limită superioară –, însă, există și situații în care este impus la valori maxime.

Proporția de mangan impusă în fonta propusă a fi elaborată –  $\%M_{imp.}$  – se compară cu proporția de mangan din fonta obținută  $[\%Mn_{fo}]$ .

Proporția de mangan din fonta obținută se calculează cu relația (184).

$$[\%Mn_{fo}] = \%Mn_{sm} > \left(1 - \frac{\%a_{Mn}}{100}\right), \quad (184)$$

în care  $\%a_{Mn}$  are valoarea prezentată la paragraful 2.1.1.1.b.

În cazul în care proporția de mangan din fonta obținută se încadrează între limitele conținutului de mangan – relația (185) –, înseamnă că nu este cazul corectării conținutului de mangan.

$$[\%Mn_{fo}] = \%Mn_{imp.} \quad (185)$$

Dacă este îndeplinită inegalitatea (186) trebuie efectuată corectarea conținutului de mangan prin adaos de feroaliaje, de exemplu, iar dacă este îndeplinită inegalitatea (187) trebuie efectuată corectarea conținutului de mangan prin diluare.

$$[\%Mn_{fo}] < \%Mn_{imp.} \quad (186)$$

$$[\%Mn_{fo}] > \%Mn_{imp.} \quad (187)$$

#### **2.1.1.4. Calculul încărcăturii metalice prin metoda alegerii (tatonării)**

Metoda tatonării este dictată de considerente practice.

Proporțiile de sorturi metalice ale încărcăturii metalice se stabilesc în funcție de experiența acumulată la elaborarea șarjelor

anterioare, disponibilul de deșeuri proprii – cantitate și calitate –, situația existentă a stocurilor de la baza de șarjare, condițiile de aprovizionare, condițiile temporare de asigurare a dimensiunilor optime ale bucăților de sorturi metalice, condițiile speciale de calitate impuse fontei propusă a fi elaborată etc.

După stabilirea proporțiilor de sorturi din încărcătura metalică, urmează calcularea compoziției chimice a fontei ce se obține prin scăderea din proporțiile de elemente chimice din încărcătură (aportul în elemente chimice respectiv al sorturilor metalice propuse în încărcătura metalică) a proporțiilor de elemente chimice respective care se pierd prin oxidare, sau după caz, luându-se în considerație regenerarea siliciului dacă se impun temperaturi mari de supraîncălzire în stare lichidă în paralel cu mențineri de durată la respectivele temperaturi.

Dacă elementele chimice din compoziția chimică a fontei ce se obține cu încărcătura metalică propusă au conținutul mai mare decât conținuturile de elemente chimice din fonta propusă a fi obținută, de regulă, se reface propunerea de încărcătură metalică. Apelarea la diluarea băii metalice cu oțel este costisitoare.

Dacă elementele chimice din compoziția chimică a fontei ce se obține cu încărcătura metalică propusă au conținutul mai mic decât conținuturile de elemente chimice din fonta propusă a fi obținută, se acceptă componenta propusă pentru încărcătura metalică, urmând ca să se facă corectarea compoziției chimice prin adaos de materiale – feroaliaje, prealiaje, metale brute de aliere, metale rafinate de aliere, materiale carbonice, după caz. Cantitatea de materiale de corectare a compoziției chimice se calculează urmând ca eventualele ajustări să se realizeze în urma determinării compoziției chimice.

## **2.2. Pregătirea încărcăturii nemetalice**

Încăcătura nemetalică se pregătește din următoarele puncte de vedere: compoziția chimică, calitativ, dimensional și cantitativ.

### **2.2.1. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punctul de vedere al compoziției chimice**

Materialele nemetalice din încărcătură au, de regulă, două scopuri, respectiv, carburare și reducere. Materialele de reducere sunt întotdeauna și materiale de carburare, însă, în mică măsură.

Materialele de carburare conțin la modul general, [27], 40...99,9% carbon fix (100 – % cenușă – %H<sub>2</sub>O – % volatile reprezintă noțiunea de carbon fix), 0,01...40,00% cenușă, 0,1...15,0% volatile, 0,1...12,0% apă și 0,002...1,800% azot.

În tabelul 34 se prezintă componenții principali ai unor materiale carbonice, împreună cu originea lor (baza), regimul de prelucrare termică și structură, [27], [28].

Pentru carburarea fontei cu grafit nodular se recomandă deșeurile de electrozi de grafit, cocsul petrol desulfurat electric, cocsul petrol calcinat cu un conținut de sulf foarte mic și cocsul petrol cu un conținut de sulf mic, produse românești. Din tabelul 35, în care se prezintă compoziția chimică a câtorva materiale carbonice, se recomandă pentru carburarea fontei cu grafit nodular Elgraph Superior Grade și Desulco.



Tabelul 34  
**Componenții principali ai unor materiale carbonice, împreună cu originea lor, regimul de prelucrare termică și structura.**

Nr. crt.	Denumirea materialului carbonic	Baza (originea)	Starea; Regim de prelucrare termică	Compoziția chimică, în %										Structura
				4	5	6	7	8	9	10				
0	1	2	3	75... 88	0,3... 0,9	4... 16	5... 10	3...5	ld*	9	10	amorfă		
1	Antracit	cărbune	brută	88... 92	0,2... 1,0	4... 11	0,4... 0,2	max. 0,5	0,7... 1,0			amorfă		
2	Antracit	cărbune	calcinate electric	80... 90	0,6... 2,0	8... 12	1...3	1...2	0,8... 1,5			amorfă		
3	Cocs metalurgic	cărbune	cocs de tumătorie; 1.000...1090°C; 36 h	85... 96	0,8... 6,0	0,2... 0,5	4... 14	0,5... 12	1...2			amorfă		
4	Cocs metalurgic	cărbune	cocs de furnal											
5	Cocs petrol de rafinare	cocs petrol	cocs spongios cocs petrol fluidizat	96... 99,5	0,01... 0,03	0,2... 0,8	0,3... 0,5	max. 0,5	0,2... 0,5	0,02 ...	1,8	amorfă		
6	Cocs petrol calcinat	cocs petrol	cocs petrol calcinat 1.100...1.400°C;											

Pregătirea încărcăturii nemetalice

Tabelul 34 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			conținut de sulf foarte mic		0,02...0,07					
			conținut de sulf mic		0,1...0,5					
			conținut de sulf mediu		0,6...1,2					
			conținut de sulf mare		1,2...3,0					
			grafit sintetic granular (tip electrozi)							
			>2.200°C	min. 98	0,01...0,10	0,1...0,8	max. 0,2	max. 0,5	0,003...0,080	cristalină
7	Cocs petrol grafitat	cocs petrol	deșeuri de electrozi; 2.500°C							
			cocs petrol granular desulfurat; >2.760°C	min. 99	0,01...0,08	0,010...0,075	max. 0,2	max. 0,2	0,002...0,080	
8	Grafit amorf	grafit natural	mexican	60...80	0,1...0,2	20...40	1...2	max. 0,5	max. 0,1	amorfă
9	Grafit cristalin	grafit natural	diverse surse	83...99	0,1...0,7	5...15	1...2	max. 0,5	max. 0,1	cristalină

Pregătirea încărcăturii nemetalice

Tabelul 34 – continuare

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Cocs de bitum (smoală)	alte surse	calcinat; 1.300°C; 17...20 h	98	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7	amorfă
11	Cocs de acetilenă	alte surse	pelete	min.99	0,03...0,05	0,3...0,5	0,4...0,5	max.0,3	0,03...0,06	amorfă

\*: Id =lipsă de date

Tabelul 35

**Compoziția chimică pentru câteva materiale carbonice cu proveniență din afara României**

Nr. crt.	Denumirile materialului de carburare	Compoziția chimică, în %						
		Carbon fix	S	N	H	Volatile	Cenușă	Apă
1	Elgraph Premium "G" *	99,1	0,4	0,15	0,005	0,4	0,5	ld *****
2	Elgraph Premium "S" *	99,1	0,3	max. 0,10	0,005	0,4	0,5	ld
3	Elgraph Superior Grade *	99,7	0,01	0,03	max.0,001	0,25	0,08	ld
4	Desulco **	99,9	0,014	42 ppm	10 ppm	ld	ld	ld
5	Elsicar CC ***	98,7...99,3	0,80...0,90	ld	ld	0,12...0,40	0,40...0,60	0,06...0,13
6	Elsicar 99 ***	99,1...99,8	0,02...0,08	0,3...0,08	0,02...0,03	0,08...0,12	0,15...0,75	0,05...0,15
7	Milco 17 ****	99,3...99,8	0,02...0,05	0,02...0,05	–	0,5...1,0	0,5...1,0	0,02...0,10

\* – Firma "Elkem", Norvegia, anul 2006; \*\* – Firma "Superior Graphite" S.U.A.; \*\*\* – Firma "Elsid", Anglia; \*\*\*\* – Firma Miller, S.U.A.; \*\*\*\*\* – ld = lipsă de date

Carbura de siliciu tehnică se utilizează ca atare, sau în amestec cu var nestins și fluorină, amestecul recomandat având compoziția următoare: 75...95 carbură de siliciu tehnică, 5...15% var și 5...15% fluorină.

În tabelul 36 se prezintă compoziția chimică a carburii de siliciu tehnice utilizată ca material reducător și de carburare.

Tabelul 36

**Compoziția chimică a carburii de siliciu tehnice**

Denumirea materialului	Compoziția chimică, în %							
	SiC	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	C	SiO <sub>2</sub>	Fe	Si	H <sub>2</sub> O
Deșeuri de carbură de siliciu (șlam)	80...85	8...15	1...3	2...3	1...2	–	max.1	–
Elsic – 90 metalurgic*	min.90	–	–	max. 0,3	–	max. 0,45	–	max.1
Elsic – 99 metalurgic*	min.98	–	–	max. 0,3	–	–	–	max. 0,3

\* Societatea “Elsid” cu reprezentanță și în România la nivelul anului 2006

În tabelul 37 se prezintă compoziția chimică a fluorinei.

Tabelul 37

**Compoziția chimică a fluorinei**

Denumirea materialului	Compoziția chimică, în %			
	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	S	Alte elemente
Fluorina	85...90	10...15	max. 0,2	l.d.*

\* l.d. =lipsă date

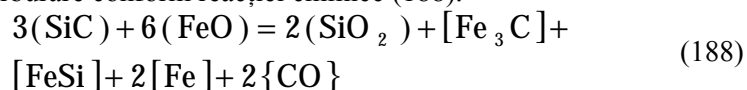
În tabelul 38 se prezintă compoziția chimică a varului.

Tabelul 38

**Compoziția chimică a varului**

Denumirea materialului	Compoziția chimică, în %				
	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Var (nestins)	88...93	2	max. 2	max.0,2	max. 3

SiC din carbon de siliciu tehnică își exercită rolul de reducător și de carburare conform reacției chimice (188).



Utilizarea de carbură de siliciu tehnică în încărcătura nemetalică determină o serie de implicații pozitive asupra procesului de elaborare a fontei dintre care se precizează următoarele:

- mărirea durabilității căptușelii refractare acide cu 25...30% datorită faptului că este redus conținutul de FeO din zgură;
- mărirea productivității cuptorului cu maximum 10%;
- micșorarea cantității de zgură cu maximum 25%;
- micșorarea consumului de ferosiliciu cu maximum 65%;
- micșorarea consumului de material de carburare cu maximum 15%;
- se mărește indicele de scoatere a metalului cu maximum 1%;
- se micșorează conținutul de gaze din fontă datorită degajării de CO. De exemplu, pentru o fontă dată, conținutul de oxigen scade de la 0,0034% la 0,0012% iar conținutul de azot scade de la 0,0079% la 0,0059%, în circumstanțele în care fonta a fost supraîncălzită la temperatura de 1.500°C, [10].
- se mărește rezistența la tracțiune cu maximum 15%;
- se mărește rezistența la încovoiere cu maximum 15%;
- se micșorează duritatea cu maximum 5%;
- se micșorează tendința de albire a fontei etc.

Carbura de siliciu tehnică se obține dintr-un amestec de nisip cuarțos, cocs, petrol, rumeguș și material recirculat, prin tratare termică, de exemplu, într-un cuptor electric mobil cu miez de grafit.

Ca material reducător pentru FeO din încărcătură se mai pot utiliza deșeuri de electrozi de grafit, eficiența acestora fiind dată de faptul că 1% carbon reduce circa 6% FeO. În principiu, toate materialele de carburare sunt și materiale reducătoare.

### **2.2.2. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punctul de vedere calitativ**

Materialele de carburare și de reducere trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să aibă un conținut cât mai mic de sulf deoarece sulful din materialele de carburare are același grad de asimilare în fontă ca și carbonul. Prin urmare, dacă fonta care se elaborarează în cuptor are ca

destinație modificarea în vederea obținerii grafitului nodular, trebuie ca materialele de carburare să aibă conținutul de sulf foarte mic;

- conținut minim de cenușă. Cenușa micșorează gradul de asimilare a carbonului în fontă (formează la suprafața particulelor de material de carburare un strat de oxizi în stare lichidă care frânează difuzia carbonului, [8]), micșorează viteza de dizolvare a carbonului în fontă, [39], determină creșterea conținutului de incluziuni nemetalice din fontă, micșorează durabilitatea căptușelii refractare, afectează viscozitatea zgurii, mărirind-o sau micșorând-o excesiv, de exemplu etc.;

- umiditatea minimă. Excesul de umiditate mărește potențialul de explozie la contactul materialului cu fonta lichidă – materialele de carburare se introduc la suprafața băii metalice, în principal –, reprezintă o sursă de hidrogen pentru fonta lichidă, hidrogenul fiind considerat o impuritate pentru toate fontele, micșorează cantitatea de carbon fix din materialul de carburare, adică elementul chimic care este urmărit să fie asimilat de către fontă. Se recomandă ca umiditatea să nu depășească 0,5%;

- porozitatea minimă – maximum 30%. O porozitate mare generează creșterea suprafeței de contact dintre carbon și oxigen, ceea ce înseamnă accelerarea oxidării carbonului și, astfel, micșorarea vitezei de asimilare a carbonului și a randamentului de asimilare;

- materii volatile în concentrație maximă. Materiile volatile sunt componente neecologice, micșorează concentrația de carbon fix din materialul de carburare, micșorează siguranța în folosire a materialelor de carburare etc.

- azotul în concentrație minimă. Se apreciază că 15...50% din conținutul de azot din materialele de carburare trec în fontă. Dacă, în fontă, conținutul de azot depășește 0,01% (100 ppm), [28], riscul de apariție a porozității în pereții groși este iminent etc;

- se preferă materialele cristaline (nu amorfe) deoarece acestea necesită un consum de energie mai mic pentru asimilare;

– conținut maxim de carbon fix. Conținutul de carbon fix, definit în procente, ca diferența dintre 100%, pe de o parte, și suma dintre conținuturile de cenușă, apă și volatile, pe de altă parte, asigură, în situația când are valori foarte mari – aproape de 100% – o impurificare minimă a fontei, randament de asimilare a carbonului mare, consum mic de material de carburare etc.

Materialele de carburare de calitate superioară – care răspund la condițiile prezentate anterior – generează o serie întreagă de consecințe pozitive asupra procesului de elaborare a fontei, ceea ce conduce la concluzia generală că prezența deșeurilor de oțel în încărcătura nemetalică, determină pe lângă implicațiile pozitive prezentate la paragraful 2.1.1.1.a, și următoarele avantaje create de utilizarea în sine în încărcătură nemetalică a materialelor de carburare, în special a celor prezentate în tabelul 35, cu predilecție produsele de tip Desulco sau cele asemănătoare lor din punctul de vedere al compoziției chimice și claselor granulometrice:

- tendință mică de albire a fontei dacă materialul este cristalin;
- micșorează consumul de material de carburare;
- micșorează consumul de energie electrică;
- se micșorează valorile de contracție ale fontei în cazul în care materialul este cristalin;
- micșorează consumul de inoculant;
- micșorează consumul de modificator – în special FeSiMg – în cazul modificării fontei în vederea obținerii fontei cu grafit nodular;
- micșorează uzura căptușelii refractare a cuptorului;
- micșorează proporția de deșeurii de oțel din încărcătura metalică;
- micșorează timpul de evacuare a fontei lichide din cuptor;
- micșorează riscul de impurificare a fontei cu incluziuni de zgură;
- generează efecte de premodificare în cazul elaborării fontelor modificate cu grafit nodular și vermicular;



– îmbunătățește structura metalografică, eliminând riscul de apariție în structură a cementitei libere și altor carburi, grafit fin datorită obținerii unor germeni de grafitizare de tip (Mn, X)S, în care X reprezintă un element chimic, defavorizarea obținerii de grafit de tip D (punctiform, interdendritic de subrăcire, conform ASTM) etc.;

- mărește productivitatea cuptorului;
- solubilitatea rapidă a carbonului în fontă chiar și în condiții de grad de agitare mic al băii metalice;
- grad de repetabilitate mare;
- cantitate mică de zgură etc.

La toate consecințele pozitive prezentate anterior se adaugă caracterul reducător al materialelor de carburare, al micșorării conținutului de FeO din zgură și încărcătură, ceea ce și explică o parte din consecințele pozitive prezentate anterior.

### **2.2.3. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere dimensional**

Fiecare societate care produce materiale de carburare și reducere asigură, de regulă, prin ofertă, modalitățile de prezentare/livrare, ofertă ce poate fi impusă și de către beneficiar.

Materialele de carburare și reducere se utilizează sub formă de granule și pelete.

În general, respectivele materiale se livrează cu următoarea structură granulometrică:

- clasă foarte mică: 0,1...1,0 mm, 0,2...1 mm, 0,18...0,85 mm, 1...3 mm;
- clasă mică – 1...4 mm, 0,5...3 mm, 0,6...3,35 mm, 0,21...4,75 mm, 1...5 mm și 0...5 mm;
- clasă mare – 3...8 mm, 4...10 mm, 0,21...9,5 mm și 0...10 mm, [28].

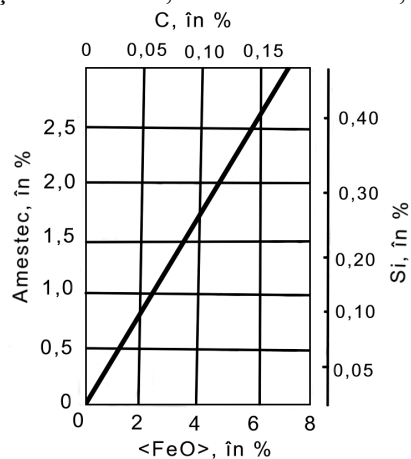
Sursa bibliografică [27] indică o granulație ce să fie cuprinsă în intervalul 0,2...12,0 mm.

În cazul în care materialele de carburare și reducere sunt sub formă de pelete sau brichete intervin și lianți ce determină aderența particulelor între ele, dar și adaosurile active. De exemplu, carbura de siliciu tehnică, livrată la nivelul anului 2006, de către societatea “Casirom” din România, există și în variantele de brichete, marca SiC.75...88%, și de brichete cu adaosuri active, marca SiCBC.65...75%. Aceeași societate livrează carbura de siliciu tehnică cu următoarele clase granulometrice: SiC.88...92% 0...10 mm, SiC.88...92% 1...10 mm, SiC.88...92% 2...1mm, SiC.88...92% 0...10 mm și SiC.88...92% 0...2 mm.

#### **2.2.4. Pregătirea încărcăturii nemetalice din punct de vedere cantitativ**

##### **2.2.4.1. Calculul cantității de material de reducere**

Conform [10], în cazul amestecului reducător format din 90% deșeuri de carbură de siliciu tehnică ce conțin 80...85% SiC, 5% var și 5% fluorină, se calculează în %, în funcție de conținutul de FeO din



încărcătura metalică, ca în figura 34. Pe lângă rolul de agent

**Fig.34. Calculul cantității de amestec reducător de deșeuri de carbură de siliciu, var și fluorină în funcție de cantitatea de FeO din încărcătura metalică împreună cu carburarea și silicierea fontei determinate de respectivul amestec. <FeO> – cantitatea de FeO din încărcătură.**

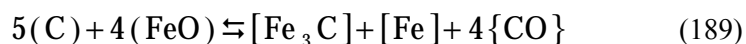
reducător, amestecul reducător determină și carburarea fontei cu maximum 0,15% dacă amestecul reducător ajunge la 2,5 kg/100 kg

încărcătură metalică.

Reacția chimică (188) indică, în cazul utilizării în încărcătură a deșeurilor de carbură de siliciu, creșterea conținutului de siliciu în fontă cu maximum 0,4%, creștere corespunzătoare unui adaos de 2,5 kg de deșeurii de carbură de siliciu la 100 kg încărcătură metalică, pentru o fontă dată, de exemplu.

Un calcul stoechiometric al necesarului de material de reducere, apelându-se la reacția chimică de reducere a FeO (188), nu se utilizează din cauza condițiilor particulare existente între reactanți – suprafață de contact variabilă, neomogenitatea compoziției chimice a deșeurilor de carbură de siliciu tehnică, neuniformitatea prezenței FeO pe suprafața bucăților de metal din încărcătură etc. Însă, orientativ, calculul stoechiometric se realizează, rezultatele obținute fiind amendate de condițiile particulare ale încărcăturilor metalică și nemetalică – grad de oxidare al încărcăturii, compoziția chimică a deșeurilor de carbură de siliciu tehnică dar și compoziția chimică a fazei metalice etc.

Procesul de reducere a FeO, în cazul utilizării materialelor de carburare de tipul celor prezentate în tabelele 34 și 35, se estimează că are loc conform reacției chimice (189).



Calculul stoechiometric al necesarului de carbon pentru reducere – material de carburare – este orientativ, dar poate fi utilizat ca bază de calcul, motivele fiind cele prezentate pentru reacția chimică (188).

O parte din cantitatea de carbon introdusă în cuptor de către materialul de reducere se pierde prin oxidare la CO și CO<sub>2</sub>.

Pierderile de carbon din materialul de reducere ar putea fi considerate, estimativ, în funcție de conținutul de cenușă al materialelor de reducere, ca în tabelul 39.

Tabelul 39

**Pierderile estimative de carbon din materialele de reducere prin oxidare la CO și CO<sub>2</sub>, în funcție de conținutul de cenușă al materialelor de reducere.**

<b>Cantitatea de cenușă, în %</b>	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0	15,0	18,0
<b>Pierderile de carbon prin oxidare, în %.</b>	1...9	2...11	4...13	7...16	10...19	12...20	20...30	29...40	40

Se apreciază că datorită faptului că rugina se află la suprafața bucăților de metal, probabilitatea ca elementul chimic carbon să difuzeze în matricea metalică a bucăților de metal, atunci când temperatura o permite, este mică. Doar dacă s-ar utiliza material de reducere în exces, ar exista disponibilități de dizolvare a carbonului în austenită (după cum s-a prezentat la un paragraf anterior, în ferită nu este posibil).

Prin urmare, la cantitatea de material de reducere ce rezultă din calculul stoechiometric se adaugă și pierderile de carbon prin oxidare prezentate în tabelul 39.

Condițiile termodinamice de reducere a FeO cu C se asigură de temperaturile de minimum 730<sup>0</sup>C, [39], reacția chimică fiind (190).



FeO rezultă din reducerea cu carbon a Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – reacția chimică (191).



Conform [18], pentru reacția (190),  $\Delta G_T^0 = 157.613 - 157,22 T$ , din care rezultă că temperatura minimă de reducere este, de asemenea, de  $730^\circ\text{C}$ , iar pentru reacția chimică (191),  $\Delta G_T^0 = 206.215 - 214,4 T$ , din care rezultă că temperatura minimă de reducere este de  $687^\circ\text{C}$ .

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  care rezultă din rugină este redus foarte ușor de către carbon, conform [39], reacția fiind (192).



Pentru reacția (192),  $\Delta G_T^0 = 181.650 - 235,3 T$ , de unde rezultă că temperatura minimă de reducere este de  $499^\circ\text{C}$ .

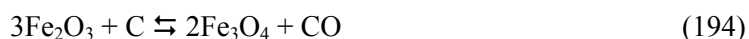
În timpul topiri este posibilă și desfășurarea reacției chimice (193).



Pentru reacția (193),  $\Delta G_T^0 = 301.360 - 220 T$ , de unde rezultă că temperatura minimă de reducere este de  $1.097^\circ\text{C}$ , adică în apropierea temperaturii solidus din diagrama de echilibru termodinamic Fe-C.

$\Delta G_T^0$  din relațiile anterioare reprezintă variația de entalpie liberă la temperatura T, în condiții standard – presiunea de o atmosferă –, iar T reprezintă temperatura care se exprimă în grade Kelvin – K.

Rugina care poate fi acceptată ca fiind formată din  $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  și  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , poate suporta și reacția chimică (194), reacție care are un efect termic mai mic decât reacția chimică (190) – + 109.000 J/mol față de + 157.613 J/mol.



O dată introdus materialul de reducere în cuptor, o parte din carbon arde incomplet din cauza deficitului de oxigen, reacția de ardere incompletă fiind accelerată pe măsură ce temperatura crește (CO este stabil termodinamic la temperaturi mari) – reacția (195).



Monooxidul de carbon rezultat din reacția chimică (195) generează reducerea  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  și  $\text{FeO}$  ce rezultă din rugină sau din procese de reducere – reacțiile chimice (196) și (197).



Pentru relația (186),  $\Delta G_T^0 = 35.427 - 40,2 T$ , de unde rezultă că temperatura minimă de reducere este de  $608^\circ\text{C}$ , iar pentru reacția (197),  $\Delta G_T^0 = -13.175 + 17,23 T$ , de unde rezultă că temperatura minimă de reducere este de  $492^\circ\text{C}$ .

Din prezentarea fenomenelor de reducere, cu probabilitate mare de desfășurare, rezultă că fenomenul de reducere este foarte complex și un calcul stoechiometric este dificil de realizat.

Orientativ, dacă se consideră reacția chimică (189), pentru un cuptor cu inducție cu capacitatea de 12.000 kg, o încărcătură metalică cu 1%  $\text{FeO}$ , cantitatea de carbon necesară reducerii,  $Q_{C_{\text{red}}}$ , calculată stoechiometric, este dată de relația aplicativă (198).

$$Q_{C_{red.}} = \frac{1}{100} \cdot 12.000 \cdot \frac{5 \cdot M_C}{4 \cdot M_{FeO}}, \quad (198)$$

în care  $M_C$  – masa moleculară a carbonului;  $M_{FeO}$  – masa moleculară a FeO.

Calculule, conform relației aplicative (198) determină  $Q_{C_{red.}} = 25$  kg carbon/12.000 kg încărcătură metalică.

Dacă se face reducerea cu cocs de petrol grafitat, trebuie să se ia în considerație cantitatea de cenușă de 0,7% și cantitatea de carbon fix de 98,5%.

Din tabelul 39 rezultă că pierderile de carbon prin oxidare sunt de 10%.

Cantitatea de material de reducere,  $Q_{mr}$ , se determină cu relația (199).

$$Q_{mr} = \frac{Q_{C_{red.}}}{\%C_{mr} \cdot (100 - a_C)} \cdot 10^4, \quad (199)$$

în care  $a_C$  reprezintă pierderile de carbon prin oxidare.

Apelând la relația aplicativă (200) rezultă necesarul de cocs de petrol grafitat.

$$Q_{mr} = \frac{25}{98,5 - (100 - 10)} \cdot 10^4 = 28,2 \text{ kg de cocs petrol}$$

grafitat/12.000 kg încărcătură metalică (200)

Așadar, o dată cu încărcătura, trebuie să se introducă și 28,2 kg de cocs petrol grafitat, în circumstanțele exemplului dat.

#### **2.2.4.2. Calculul cantității de material de carburare**

În cazul în care încărcătura metalică este oxidată mai mult sau mai puțin – există FeO – procesele de reducere a FeO și de carburare

nu pot fi separate, adică au loc concomitent, ceea ce face și mai dificilă calcularea stoechiometrică a necesarului de materiale apelând la reacțiile chimice (188) și (189).

Calitatea superioară a fontelor sintetice sau semisintetice face ca aceste două categorii de fontă să ocupe o importanță semnificativă în ceea ce privește ponderea față de fontele obișnuite, această situație relevând importanța procesului de carburare, în aceste cazuri proporția de deșeuri de oțel din încărcătură ajungând până la 100%, procesul de carburare fiind obligatoriu.

Calculul cantității de material de carburare este complex deoarece sunt foarte mulți factori implicați.

Înainte de calculul necesarului de material de carburare, se calculează proporția maximă de carbon ce se poate realiza în fontă –  $\%C_{\max.}$ , relația (201).

$$\%C_{\max.} = 1,30 + 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot T + \sum_{i=1}^n m_i x_i, \quad (201)$$

în care T reprezintă temperatura, în  $^{\circ}\text{C}$ ;  $m_i$  – coeficient ce reprezintă modul de schimbare a solubilității carbonului în fierul lichid de către elementul chimic “i” însoțitor al fierului și carbonului (tabelul 40) – dacă elementul chimic “i” micșorează solubilitatea carbonului în fierul lichid,  $m_i$  are semnul minus iar dacă o mărește are semnul plus;  $x_i$  – proporția de element chimic “i” din fontă.

Materialul de carburare se recomandă să se introducă la suprafața băii metalice, cuptorul trebuind să fie cuplat la o treaptă de putere superioară (175...200 KW/t), astfel încât temperatura fontei lichide să fie de minimum  $1.450^{\circ}\text{C}$  (se va avea în vedere că temperatura băii metalice scade cu circa  $50^{\circ}\text{C}$  pentru fiecare procent de carbon asimilat).



Tabelul 40

**Valori ale coeficientului  $m_i$  pentru elementele chimice însoțitoare în mod curent ale fierului și carbonului în fonta lichidă.**

Elementul chimic "i"	Si	P	S	Mn	N	Cu	Ni	Cr	Ti	V	Al	Sb	Sn	Co	Mo
Valoarea lui $m_i$	- 0,300	- 0,300	+ 0,400	+ 0,030	- 4,700... - 6,600	- 0,110	- 0,050	+ 0,075	+ 0,150	+ 0,100	- 0,220	- 0,115	- 0,110	- 0,026	+ 0,015

Cantitatea de material de carburare –  $Q_{carb.}$  – se determină cu relația (202).

$$Q_{carb.} = \frac{\Delta C}{\%C_{carb.} \cdot \eta_{asim. C}} \cdot 10^4, \quad (202)$$

în care  $\Delta C$  reprezintă necesarul de carbon ce trebuie adăugat în fontă calculat ca diferența dintre proporția de carbon din fonta propusă a fi elaborată și proporția de carbon din încărcătură sau baia metalică înainte de carburare;  $\%C_{carb.}$  – proporția de carbon din materialul de carburare;  $\eta_{asim.C}$  – randamentul de asimilare a carbonului.

De exemplu, dacă materialul de carburare conține 92% carbon iar randamentul de asimilare a carbonului este de 70%, pentru carburarea băii metalice de fontă cu 0,6% –  $\Delta C=0,6\%$  –, necesarul de material de carburare se determină cu relația (203). În cazul în care

capacitatea cuptorului este de 12 t, cantitatea de material de carburare ce trebuie introdusă la suprafața băii metalice este de  $12.000 \cdot 0,93/100 = 111,6$  kg material de carburare/12 t de fontă lichidă.

$$Q_{\text{carb.}} = \frac{0,6}{92 \cdot 70} \cdot 10^4 = 0,93 \text{ kg material de carburare/100 kg de fontă lichidă} \quad (203)$$

Pentru calculul  $\Delta C$ , în practică, se recomandă prelevarea unei probe de fontă lichidă după ce temperatura a atins valoarea de circa  $1.450^{\circ}\text{C}$ , determinarea conținutului de carbon al respective probe și în final, efectuarea diferenței dintre proporția de carbon din fonta propusă a fi elaborată și proporția de carbon din proba de fontă prelevată.

Proporția de carbon din materialul de carburare se determină din tabelele 34 sau 35, din buletinele de analiză (certIFICATELE DE CALITATE PUSE LA DISPOZIȚIE DE FURNIZOR) sau prin analiza efectuată de către beneficiar.

Randamentul de asimilare a carbonului variază în funcție de o serie de factori dintre care se precizează următorii: structura materialelor de carburare (amorfa sau cristalină), conținuturile de cenușă, apă, substanțe volatile și sulf ale materialelor de carburare, porozitatea și granulația materialului de carburare, temperatura și compoziția chimică a băii metalice, gradul de agitare electromagnetică a băii metalice, gradul de oxidare al încărcăturii metalice, timpul de contact baie metalică-material de carburare etc.

Agenții economici își stabilesc nomograme prin experimentări cu scopul determinării randamentelor de asimilare a carbonului, nomograme în care intervin timpul, temperatura, dar și treptele de putere ale cuptorului, frecvența curentului, compoziția chimică a fontei lichide etc.

În cazul deșeurilor de electrozi de grafit cu mărimea granulației de 5...10 mm, randamentul de asimilare a carbonului este de circa 90%, pentru condiții obișnuite de lucru și pentru o fontă dată.

#### Pregătirea încărcăturii nemetalice

---

În cazul deșeurilor de electrozi de grafit cu mărimea granulației de 5...10 mm, randamentul de asimilare a carbonului este de circa 90%, pentru condiții obișnuite de lucru și pentru o fontă dată.

În cazul unui cuptor ce funcționează la frecvența rețelei, pentru un grad de agitare electromagnetă de 15%, randamentul de asimilare a carbonului din deșeurile de electrozi de grafit variază cu temperatura băii metalice ca în tabelul 41.

Tabelul 41

**Variația randamentului de asimilare a carbonului din deșeurile de electrozi de grafit cu temperatura băii metalice, în cazul unui grad de agitare electromagnetă de 15%.**

Temperatura băii metalice, °C	1.300	1.350	1.400	1.450	1.500	1.550	1.600
Randamentul de asimilare a carbonului, în %	40	60	75	82	88	95	100

Conținuturile mari de cenușă din materialul de carburare limitează randamentul de asimilare a carbonului la valori mici, așa cum se vede din tabelul 42.

Tabelul 42

**Variația randamentului de asimilare a carbonului cu proporția de cenușă din materialul de carburare, în cazul unor condiții de lucru date.**

Cantitatea de cenușă, în %	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0	15	18
Randamentul de asimilare a carbonului, în %	91...99	89...98	87...96	84...93	81...90	80...88	70...80	60...71	60

Dacă se face referință la notațiile utilizate la paragraful 2.1.1.3.3., relația (202) devine (204).

$$Q_{\text{carb.}} = \frac{\% C_{\text{imp.}} - \langle \% C_{\text{sm}} \rangle}{\% C_{\text{carb.}} \cdot \eta_{\text{asim. C}}} \quad (204)$$

### **2.1.2. Pregătirea încărcăturii metalice din punctul de vedere calitativ**

Din punct de vedere calitativ trebuie să se aibă în vedere următoarele aspecte:

– depozitarea în condiții necorespunzătoare și de lungă durată determină impurificarea cu pământ, rugină etc. Prin urmare, se impune ca baza de șarjare să fie acoperită și să existe fundație cu pavaj de beton sau metal;

– dezmembrarea necorespunzătoare a ansamblurilor metalice, ceea ce generează impurificarea sorturilor metalice cu metale neferoase, materiale plastice, cauciuc, uleiuri, materiale textile, piele, cabluri, vopsele, emailuri etc. Prin urmare, se impune ca achiziționarea de sorturi metalice să se facă de la societăți consacrate iar dacă dezmembrarea se face la societatea care deține turnătoria, trebuie avută în vedere eliminarea impurităților menționate anterior.

Nu trebuie să se neglijeze dictonul că cheltuielile efectuate cu eliminarea impurităților la baza de șarjare sunt mai mici decât cele efectuate cu rafinarea fontei lichide;

– o atenție suplimentară trebuie acordată sortării încărcăturii metalice, avându-se în vedere că prezența borului și plumbului în piesele emailate, prezența arseniului, stibiului și plumbului în lagăre, prezența unor elemente de aliere etc., [21], [22], pot determina compromiterea unei fonte, cum ar fi, de exemplu, cazul unei fonte destinată modificării în vederea obținerii grafitului nodular etc.

– uleiurile, emulsiile și oxizii conțin un volum mare de gaze (de exemplu, uleiul conține și 12...14% hidrogen), ceea ce determină gazificarea fontei și, astfel, înrăutățirea unor caracteristici ale acesteia. De aceea trebuie aplicate tehnici de eliminare a lor, cum ar fi centrifugarea, spălarea cu apă caldă, metode chimice, preîncălzirea până la eliminarea totală a lor etc.

Prezența oxizilor de fier în încărcătura metalică determină oxidarea unor elemente chimice din faza metalică solidă sau lichidă, o fluiditate mică a fontei lichide, micșorarea unor caracteristici ale

pieselor obținute, micșorarea durabilității căptușelii refractare de natură chimică acidă etc. Pentru a puncta afectarea durabilității căptușelii refractare acide, se prezintă în tabelul 22 durabilitatea căptușelii refractare în cazul a două grupe de capacități de cuptoare cu creuzet (fără miez), pentru diferite proporții de sorturi metalice puternic oxidate în încărcătură.

Tabelul 22

**Durabilitatea căptușelii refractare acide, pentru două grupe de capacități de cuptoare cu creuzet, în cazul a diverse proporții de sorturi metalice puternic oxidate în încărcătură, prin comparație cu o încărcătură metalică neoxidată.**

Cantitatea de sort metalic puternic oxidat, în încărcătură, în %	0	5	10	15	20	25	Grupa de capacitate a cuptoarelor, în t
Durabilitatea căptușelii refractare acide, în %	100	95...100	85...95	75...80	65...75	50...65	3...5
	100	90...95	80...90	60...80	50...75	40...60	5...10

**2.1.3. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere dimensional**

Mărimea bucășilor metalice la cuptoarele cu creuzet depinde de frecvența curentului.

Dependența dintre mărimea minimă a bucășilor de metal și frecvența curentului, la cuptoarele cu creuzet, se prezintă în tabelul 23.

Tabelul 23

**Dependența dintre mărimea minimă a bucășilor de metal din încărcătură și frecvența curentului, la cuptoarele cu creuzet.**

Frecvența, în Hz	50	500	1.000	2.500	10.000
Dimensiunea medie nominală minimă, a bucășilor metalice, în mm	200	70	40	30	14

#### **2.1.4. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al gradului de securitate**

Trebuie să se acorde o mare atenție sortării pentru ca să fie eliminat riscul de introducere în cuptor a materialelor ce ar putea exploda – focoase, proiectile, țevi de arme de diferite calibre, butelii, recipiente cu lichid inflamabil, vase (recipiente) închise, țevi cu umezeală în interiorul lor etc.

Materialele metalice de proveniență militară vor trebui să fie verificate de pirotehnicieni, care ar trebui să elibereze un certificat de utilizare în domeniile civile a respectivelor materiale metalice.

Prezența apei și zăpezii sau gheții în unele sorturi metalice prezintă pericol de explozie în situația în care sorturile metalice respective se introduc în baia de fontă remanentă sau în situația în care acestea se introduc în baia de fontă atunci când este nevoie de încărcări suplimentare din cauza masei specifice mici a sorturilor metalice.

Se recomandă ca materialele metalice de proveniență militară să se încarce în benele consacrate în prezența unei persoane autorizate militară fără ca să se apeleze la depozitarea acestor materiale la baza de șarjare.

#### **2.1.5. Pregătirea încărcăturii metalice din punct de vedere al temperaturii**

Sorturile metalice se pot utiliza la temperatura mediului ambiant sau preîncălzite.

Temperatura de preîncălzire a încărcăturii metalice se recomandă să se situeze între limitele 430...650<sup>0</sup>C. Dacă temperatura de preîncălzire este mai mare de 650<sup>0</sup>C se declanșează semnificativ fenomenul de oxidare a fierului. De exemplu, în cazul “extremă” în care temperatura de preîncălzire este de circa 1.100<sup>0</sup>C, pierderile de încărcătură metalică prin oxidare ajung până la 30%. Dacă temperatura de preîncălzire este mai mică decât 430<sup>0</sup>C, apare problema ineficienței economice, adică efectele obținute depășesc

cheltuielile efectuate cu preîncălzirea. În tabelul 24 se prezintă pierderile de fier prin oxidare (sub formă de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) și pierderile de masă de sorturi metalice în funcție de temperatura de preîncălzire a încărcăturii metalice, pentru o situație dată.

Se atrage atenția că în cazul în care temperatura de preîncălzire este mai mare de  $800^\circ\text{C}$ , se produce și fenomenul de sudare între bucățile metalice.

Tabelul 24

**Pierderile de fier prin oxidare (sub formă de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) și pierderile de masă de sorturi metalice în funcție de temperatura de preîncălzire a încărcăturii metalice.**

Temperatura de preîncălzire a încărcăturii metalice, în $^\circ\text{C}$	260	400	550	650	750	850
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ , în % față de încărcătura metalică	0,1	0,2	0,6	3,3	15,0	37
Pierderile de masă pentru încărcătura metalică, în %	0	0	1	3	14	28

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  ce rezultă prin oxidarea fierului, este sub formă de crustă la suprafața bucăților metalice și se elimină prin desprinderea de bucăți apelându-se și la un curent de aer. Neeliminarea crustelor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  este foarte periculoasă pentru căptușeala refractară acidă, cu care intră în interacțiune chimică și cu care formează compuși chimici ușor fuzibili, astfel, căptușeala refractară acidă distrugându-se treptat.

Se recomandă preîncălzirea încărcăturii metalice datorită următoarelor implicații:

- eliminarea riscului de explozie. Această situație este întâlnită în situațiile în care se realizează încărcarea în baia de fontă remanentă și în cazul în care fonta veche și deșeurile de oțel au masa specifică mică și este nevoie să se facă o încărcare suplimentară, atât în cuptoarele ce funcționează la frecvența rețelei cât și în cele ce funcționează la frecvență medie sau mare;



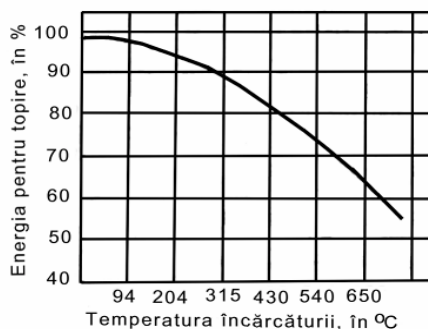
Prin preîncălzire este eliminată în totalitate apa care s-ar fi transformat în stare de vapori cu tensiune mare, adică ar fi produs explozie, împrăscare de metal lichid și potențial mare de accidentare a personalului care deservea cuptorul;

– eliminarea noxelor ce s-ar fi degajat atât la introducerea încărcăturii metalice solide în baia de fontă remanentă cât și în timpul topirii încărcăturii metalice;

– micșorarea consumului de energie electrică necesară topirii încărcăturii metalice. Graficul din figura 25 indică modul cum scade energia pentru topire o dată cu creșterea temperaturii de preîncălzire a încărcăturii metalice. În ansamblu, consumul de energie electrică se micșorează cu 50...60 kWh/t, [22];

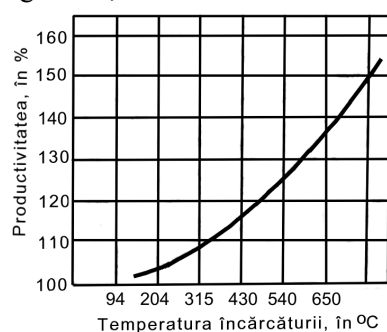
– mărirea durabilității căptușelii refractare datorită micșorării duratei de topire;

– micșorarea masei specifice a încărcăturii metalice datorită faptului că în instalațiile de preîncălzire are loc o tasare a încărcăturii metalice. Astfel, are loc evitarea unor încărcări suplimentare. Scăderea nivelului încărcăturii metalice în instalațiile de preîncălzire face posibilă o încărcare suplimentară a acestora;



**Fig. 25. Micșorarea consumului de energie electrică pentru topire o dată cu mărirea temperaturii de preîncălzire a încărcăturii metalice.**

– creșterea productivității cuptorului o dată cu mărirea temperaturii de preîncălzire a încărcăturii, așa cum se observă din figura 26;



**Fig.26. Mărirea productivității cuptorului o dată cu creșterea temperaturii de preîncălzire a încărcăturii metalice.**

– micșorarea duratei de topire;

– eliminarea metalelor și aliajelor neferoase ușor fuzibile din încărcătura metalică;

– micșorarea costului fontei lichide obținute. În acest caz intervine raportul dintre costul energiei electrice și costul combustibilului utilizat pentru preîncălzirea încărcăturii metalice, randamentul instalației de preîncălzire a încărcăturii metalice, puterea calorică a combustibilului utilizat pentru preîncălzire și randamentul electric al cuptorului cu inducție;

– micșorarea duratei de topire. Prin preîncălzirea încărcăturii metalice se acumulează, în general 20...30% din cantitatea de căldură necesară topirii, ceea ce justifică micșorarea duratei de topire;

– micșorarea cantității de zgură datorită conținutului mic de impurități al încărcăturii metalice;

– mărirea fluidității fontei lichide obținută. De exemplu, pentru o fontă dată, fluiditatea poate crește de la 274 mm la 310 mm, adică în proporție de circa 13%, [8]. Mărirea fluidității se datorează, în principal, micșorării conținutului de impurități din fonta lichidă, în special, a incluziunilor nemetalice greu fuzibile. Aceste 13% de

fluiditate suplimentară pot fi hotărâtoare pentru obținerea unor piese cu pereții foarte subțiri;

– mărirea rezistenței la tracțiune. De exemplu, pentru o fontă dată, rezistența la tracțiune a crescut de la  $163 \text{ N/mm}^2$  la  $195 \text{ N/mm}^2$ , respectiv cu circa 19,6%, adică semnificativ. Creșterea rezistenței la tracțiune are la bază micșorarea conținutului de gaze dar și de alte impurități, ceea ce determină micșorarea cantității de incluziuni nemetalice de la limita dintre grăunții metalografici – oxizi, nitruri dar și hidruri;

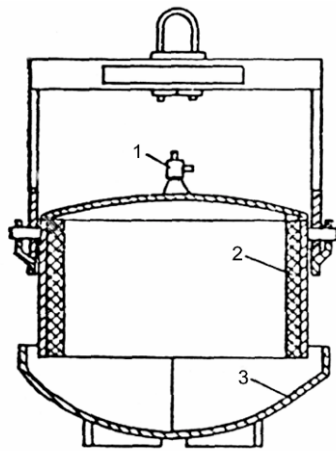
– mărirea rezistenței la încovoiere. De exemplu, pentru o fontă dată, rezistența la încovoiere a crescut de la  $686 \text{ N/mm}^2$  la  $872 \text{ N/mm}^2$ , respectiv cu 27%. O asemenea creștere poate determina trecerea unei fonte dintr-o marcă în alta. Explicația unei asemenea creșteri este similară celei de la aliniatul anterior etc.

Preîncălzirea încărcăturii se realizează în instalații consacrate care utilizează ca sursă calorică arderea unor combustibili. Instalațiile de preîncălzire au randamentul termic situat în intervalul 25...35%, randament ce poate fi mărit prin asigurarea recirculării gazelor de ardere care preîncălzesc aerul ce alimentează arzătoarele.

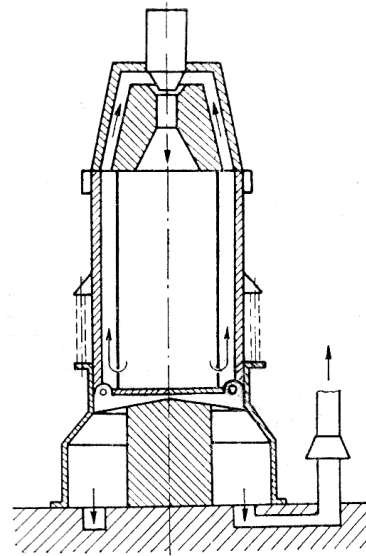
Indiferent de tipul instalației de preîncălzire a încărcăturii metalice se recomandă un coeficient de consum de aer mic pentru ca să scadă puterea oxidantă a gazelor de ardere. De exemplu, micșorarea coeficientului de consum de aer de la valoarea  $i$  la valoarea  $0,25$ , determină micșorarea conținutului de  $\text{CO}_2$  din gazele de ardere, de la 22,5% la 0,2%, în paralel cu creșterea conținuturilor de  $\text{CO}$  și  $\text{H}_2$ , ceea ce înseamnă micșorarea caracterului oxidant al gazelor de ardere și, astfel, micșorarea pierderilor de metal prin oxidare din încărcătura metalică. Conform [10], micșorarea coeficientului de consum de aer de la valoarea  $i$  la valoarea  $0,5$ , conduce la micșorarea pierderilor prin oxidare a încărcăturii metalice de 5...7 ori, pentru o situație dată.

Preîncălzirea încărcăturii metalice se realizează în preîncălzitoare statice de tipul benelor metalice – figurile 27, 28 și 29 – și în preîncălzitoare mobile de tipul cuptoarelor rotative, acestea din

urmă fiind consacrate pentru preîncălzirea șpanului și a așchiilor – figura 30, [6], [23].



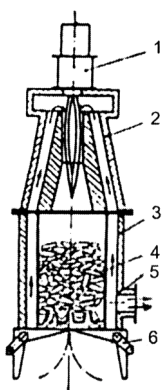
**Fig.27. Instalație de preîncălzire, tip benă căptușită refractar.**  
1 – arzător; 2 – căptușeală refractară;  
3 – sistem de descărcare.



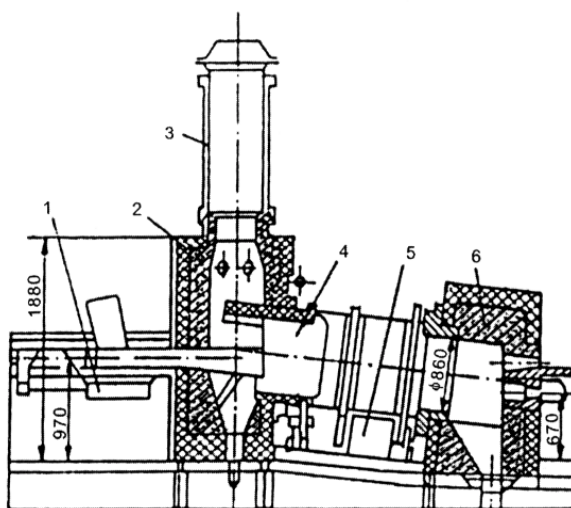
**Fig.28. Instalație de preîncălzire, tip benă cu muflă .**

Preîncălzirea încărcăturii se referă și la preîncălzirea adaosurilor metalice – a feroaliajelor, prealiajelor, metalelor brute de aliere, metalelor rafinate de aliere dar și a unor materiale nemetalice cum ar fi carbura de siliciu etc. În figura 31 se prezintă schița unei instalații de preîncălzire și încărcare a materialelor metalice de adaos (în vederea de sus a talerului se observă și posibilitatea de compartimentare a talerului în așa fel încât materialele de adaos preîncălzite să poată fi introduse în baia metalică în mod individual și preîncălzire a materialelor metalice adaos prin intermediul căldurii

radiate de baia metalică din cuptor dar și rezultate din câmpul electromagnetic emis de inductor, [24]. Conform figurii 32, materialele metalice de adaos se introduc într-un capac de protecție special, urmând ca să fie scoase atunci când s-a atins temperatura de preîncălzire.



**Fig.29. Instalație de preîncălzire tip benă cu muflă. 1 – arzător; 2 – cameră tronconică cu arzător; 3 – benă cu muflă; 4 – muflă; 5 – coș pentru evacuarea gazelor; 6 – mecanism pentru deschiderea bunei.**



**Fig.30. Instalație de preîncălzire a șpanului și așchiilor, tip cuptor rotativ. 1 – instalație de încărcare; 2 – incintă de captare a gazelor de ardere; 3 – recuperator de căldură cu radiații; 4 – cuptor rotativ; 5 – sistem de antrenare a cuptorului; 6 – focar.**

în ordinea stabilită, [23]. În figura 32 se prezintă schița unui sistem de preîncălzire din figura 32, respectiv introducerea materialelor metalice de adaos ambalate în saci de plasă de sârmă, de această dată între

materialul metalic de adaos și cavitatea cuptorului ne mai interpunându-se plăci metalice perforate greu fuzibile etc.

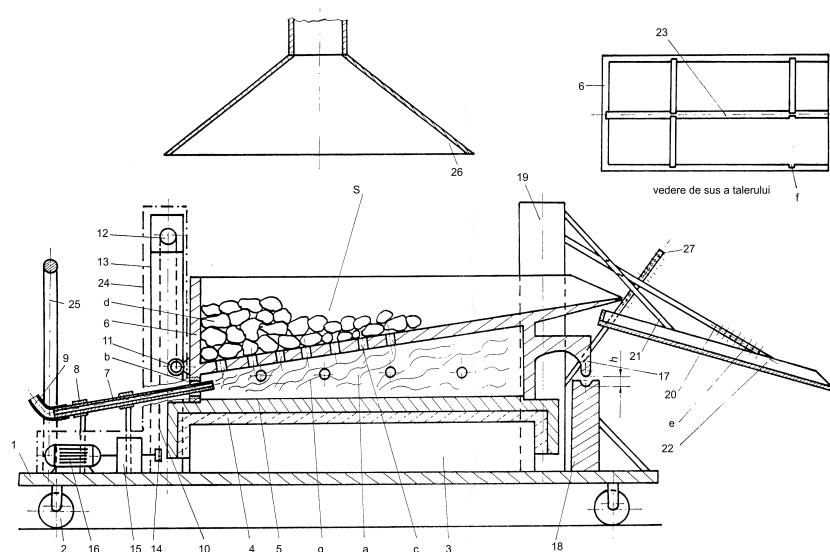
#### **2.1.6. Pregătirea încărcăturii din punct de vedere geometric**

Din punct de vedere geometric se va avea în vedere absența din încărcătura metalică a bucăților care au proeminente ascuțite. Acestea sunt foarte periculoase deoarece pot deteriora pătrunderea lor în căptușeala refractară granulară și, astfel, crearea unui potențial mare de risc în ceea ce privește pătrunderea fontei lichide până la contactul cu inductorul de cupru și, în acest mod, producerea de explozie – topirea cuprului, realizarea contactului direct apă-fontă lichidă supraîncălzită și degajarea vaporilor de apă cu tensiune de vapori foarte mare.

Se precizează atenția mărită ce trebuie acordată deșeurilor de oțel ce provin de la sectorul de deformare plastică dar și barelor de lungime mai mare și cu diametrul mic.

#### **2.1.7. Pregătirea încărcăturii din punct de vedere al stării de agregare**

Cuptoarele cu inducție pot avea ca destinație și doar rolul de supraîncălzire și de procesare a fontei în stare lichidă, în cazul în care cuptorul este integrat în sistemele de elaborare duplex sau triplex. În asemenea cazuri încărcătura metalică este în stare de agregare lichidă.



**Fig.31. Instalație de preîncălzire și încărcare. 1 – cărucior; 2 – roți de rulare; 3 – cântar; 4 – placă izolată termic; 5 – placă de susținere; 6 – perete frontal al talerului; 7 – arzător; 8 – sistem de susținere; 9 – tub flexibil; 10 – cablu de antrenare; 11 – articulație; 12 – scripete fix; 13 – pârghie de susținere; 14 – tambur de înfășurare; 15 – reductor; 16 – motor electric; 17 – cap de basculare; 18 – suport de basculare; 19 – coloană de susținere; 20 – brațe de susținere I; 21 – brațe de susținere II; 22 – jgheab; 23 – plăci separatoare; 24 – manta de protecție; 25 – cadru de manevrare; 26 – hotă de aspirație; 27 – suport oblic; a – cameră; b – orificiu; c – orificii; d – încărcătură metalică; e – orificii de reglare; f – canale; g – gaze de ardere; h – distanță.**

Fonta lichidă, ca încărcătură, poate proveni de la cubilou, cuptor electric cu încălzire prin arc, cuptor cu flacără având vatra fixă, cuptor rotativ, furnal, convertizor etc., aceste agregate de elaborare aflându-se de regulă în dotarea societăților comerciale, amplasarea

fiind în secția în care este amplasat cuptorul cu inducție, dar și în alte secții. În incinta unei societăți comerciale, fonta lichidă se poate transporta în oala de turnare prin intermediul platformelor tip vagon (pe cale ferată de rulare), dar și în vagoane special amenajate. În asemenea situații nu se pune problema micșorării critice a temperaturii fontei lichide în timpul transportului de la agregatul primar de elaborare la cuptorul cu inducție.

Fonta lichidă, ca încărcătură, însă, poate proveni de la furnal ce este amplasat în altă localitate decât localitatea în care se află situată societatea comercială ce deține cuptorul cu inducție. Transportul fontei lichide elaborată în furnal se realizează pe calea ferată, prin intermediul unor vagoane special amenajate, [25], în care pierderile de temperatură ale fontei lichide sunt, de exemplu, de  $7^{\circ}\text{C/h}$ , în cazul unui vagon cu capacitatea de 150 t și de  $5^{\circ}\text{C/h}$ , în cazul unui vagon cu capacitatea de 420 t. Aceste pierderi de temperatură pot fi micșorate prin folosirea de materiale refractare de căptușire cu proprietăți refractare și termoizolante superioare, și, de asemenea, prin încălzire, în timpul transportului, de natură electrică.

Aceeași fontă lichidă elaborată în furnal poate fi transportată și pe cale rutieră, prin intermediul autotrenurilor special dotate, distanța acoperită prin transport ajungând până la 440 km, [26].

Se precizează, de exemplu, cum costul specific al fontei lichide obținută în furnal și procesată în cuptorul cu inducție este mai mic cu circa 9% decât aceeași fontă lichidă elaborată doar în cuptorul cu inducție.

Încărcătura metalică poate fi alcătuită și dintr-un amestec de oțel lichid elaborat în convertizor și fontă lichidă elaborată în alt agregat de elaborare decât cuptorul cu inducție. Sursa bibliografică [26] indică o firmă – K. Gotwald – care utilizează în încărcătură un amestec lichid de fontă lichidă elaborată în furnal și oțel lichid elaborat în convertizor, respectivul amestec în stare lichidă fiind transportat pe calea ferată cu un vagon special.



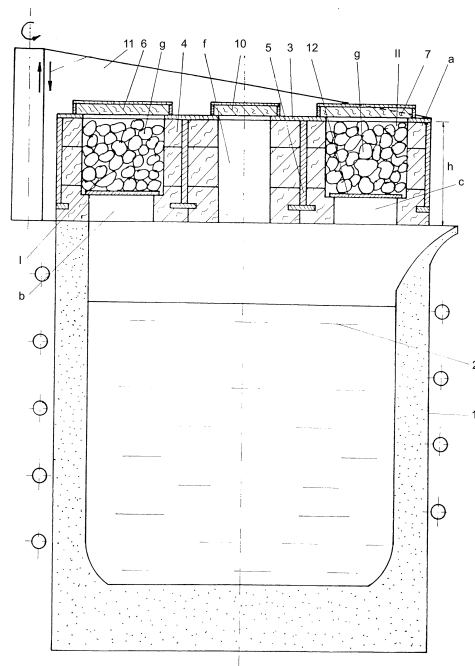


Fig. 32. Schița sistemului de preîncălzire a adaosurilor metalice în capacul cuptorului cu inducție cu creuzet, materialul de adaos fiind izolat de incinta cuptorului. 1 – cuptorul cu inducție; 2 – fontă lichidă; 3 – manta metalică; 4 – material refractar; 5 – armătură; 6, 7, 8 și 9 – capace de protecție a incintelor de preîncălzire; 10 – capac de protecție a orificiului de intervenții în cuptor; 11 – braț de susținere; 12 – plăci perforate greu fuzibile de susținere a materialului de adaos; a – material refractar fasonat; b, c, d și e – orificii de radierie a căldurii; f – orificiu de lucru; g – material de adaos; h – înălțimea capacului.

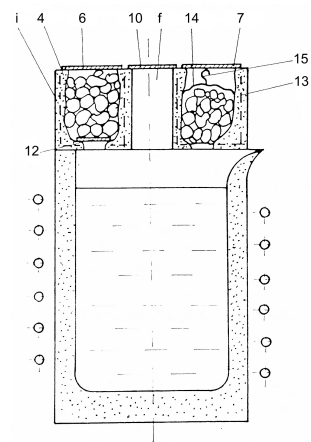


Fig.33. Schița sistemului de preîncălzire a adaosurilor metalice în capacul cuptorului cu inducție cu creuzet, materialul metalic nefiind izolat de incinta cuptorului. 13 – oțel beton de armare; 14 – sac de plasă de sârmă; 15 – cârlig de ancorare-manevrare; i – ciment refractar.

#### Pregătirea încărcăturii metalice

---

Este evident că nu sunt excluse încărcăturile compuse din sorturi metalice solide și sorturi metalice lichide, ordinea de încărcare recomandată fiind componenta metalică solidă, mai întâi, și apoi componenta metalică lichidă care se introduce în cuptor numai după ce componenta solidă a fost preîncălzită în cuptor.

**2.3. Fișa încărcăturii**

Fișa încărcăturii se sugerează să cuprindă denumirea sorturilor metalice și nemetalice, compoziția chimică a sorturilor din încărcătură și cantitatea din încărcătură – tabelul 43.

Tabelul 43

**Fișa încărcăturii**

Nr. crt.	Denumirea sortului din încărcătură și a fontei propusă a fi elaborată	Compoziția chimică, în %					Cantitatea			
		C	Si	Mn	P, max	S, max	Alte elemente chimice	%	kg	kg/șarjă
									100 kg.înc. metalică	
1	Fonta propusă a fi elaborată						100	100	masa șarjei	
2	Sortul metalic A							–		
3	Sortul metalic B							–		
4	Sortul metalic C							–		
5	Deșeuri de oțel							–		
6	Deșeuri de fontă – deșeuri proprii							–		
7	Alte sorturi metalice							–		
8	Materialul de aliere 1						–			
9	Materialul de aliere 2						–			
10	Materialul de aliere 3						–			
11	Alte materiale de aliere						–			
12	Material de reducere 1						–			
13	Material de reducere 2						–			
14	Material de carburare						–			

### 3. Măsurile de asigurare a protecției muncii

1. Baza de șarjare – depozitul de sorturi metalice și nemetalice – trebuie amplasat pe un teren orizontal.

2. Baza de șarjare trebuie să fie bine drenată și iluminată.

3. Este obligatorie existența căilor de acces la baza de șarjare cu scopul evitării blocării mijloacelor de transport și al asigurării circulației fără riscuri de accidentare a personalului de deservire a bazei de șarjare.

4. Debitarea și sortarea trebuie să se realizeze în afara zonei de acțiune a podurilor rulante.

5. Dacă baza de șarjare este prevăzută cu instalație de micșorare a dimensiunilor bucăților de sorturi metalice – de fontă – de tip sonetă, trebuie acordată o atenție suplimentară instruirii personalului care o deservește în vederea evitării accidentelor prin lovire cu bucăți de metal.

6. Soneta de micșorare a bucăților de fontă trebuie să fie izolată cu paravane adecvate ca înălțime, suprafață și rezistență mecanică, în așa fel încât să se elimine riscul de accidentare al personalului care deservește respectiva instalație.

7. Se pun în funcțiune numai acele utilaje ce sunt dotate cu dispozitive de protecție pentru mecanismele aflate în mișcare și care sunt în perfectă stare de funcționare, [33].

8. Revizia și reparația utilajelor se face numai după scoaterea acestora din funcțiune.

9. Accesul pe podurile rulante și pe utilaje se face numai pe scări special amenajate.

10. Iluminatul cabinei podurilor rulante precum și a zonelor ușor accesibile (pasarele, scări, cărucioare, părți mobile etc.) se face prin intermediul surselor alimentate la o tensiune de maximum 24 V.

11. Ungerea roților benzilor transportoare se face numai în cazul când acestea sunt oprite. În cazul în care dispozitivele de ungere

sunt amplasate în afara benzii de cauciuc, ungerea se poate realiza și în timpul mersului benzilor transportoare.

12. În cazul în care se realizează manipulări de praf de cocs sau cărbune, trebuie luate măsuri de evitare a autoaprinderii prafului respectiv (temperatura de autoaprindere a cocsului este situată în intervalul 600...700<sup>0</sup>C), cum ar fi, de exemplu, evitarea depozitării o perioadă mare de timp a prafului de cocs și evitarea de formare a canalelor de acces al aerului în praful de cocs depozitat. Trebuie să se aibă în vedere, de asemenea, că praful de cocs, în cantitate de 17...24 g într-un metru cub de aer, în circumstanțele existenței unei flăcări deschise, face explozie – explozia poate fi provocată și de o scânteie electrică, o țigară aprinsă, un chibrit aprins, flacăra de la sudura oxiacetilenică, chiar de o scânteie provocată de lovirea a două bucăți de metal etc.

13. Căile de acces în cazul în care electrocarele, electrostivuitoarele sau alte mijloace de transport similare circulă într-un sens iar pietonii circulă în ambele sensuri, trebuie să aibă lățimea minimă egală cu lățimea maximă a mijlocului de transport la care se adaugă 0,60 m. Dacă mijloacele de transport trebuie să circule în ambele sensuri iar pietonii, de asemenea, în ambele sensuri, căile de acces se proiectează cu o lățime egală cu două lățimi maxime ale mijloacelor de transport la care se adaugă 0,70 m.

14. Dacă în baza de șarjare au acces autocamioane care circulă într-un sens iar pietonii trebuie să circule în ambele sensuri, căile de acces sunt concepute cu o lățime egală cu lățimea maximă a autocamionului la care se adaugă 0,8 m. În cazul în care și autocamionul și pietonii circulă în ambele sensuri, lățimea căilor de acces trebuie să fie egală cu dublul lățimii maxime a autocamionului la care se adaugă 1,00 m.

15. Concentrația maximă de pulberi sedimentabile (netoxice) în baza de șarjare este de 200 t/km<sup>2</sup>·an.

16. Concentrația maximă de pulberi în suspensie (netoxice) în baza de șarjare este de  $0,5 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de cel mult 30 de minute și de  $0,15 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de 24 de ore.

17. Concentrația maximă de funingine degajată de la instalațiile de preîncălzire amplasate în baza de șarjare trebuie să fie de  $0,15 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de cel mult 30 de minute și de  $0,05 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de 24 de ore.

18. Dacă instalațiile de preîncălzire a încărcăturii metalice utilizează combustibili gazoși sau lichizi pulverizați și sunt amplasate în baza de șarjare etc., concentrația maximă de monoxid de carbon trebuie să fie de  $6 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de cel mult 30 de minute și de  $2 \text{ mg/m}^3$  într-o perioadă de 24 de ore.

19. Concentrația maximă de pulberi de cărbune (fără  $\text{SiO}_2$  liber), în baza de șarjare, grafit artificial și cocs de petrol trebuie să fie de  $10 \text{ mg/m}^3$ , [34].

20. Concentrația maximă de pulberi de conținut de  $\text{SiO}_2$  amorf (pământ de diatomee, natural – necalcinat etc.), în baza de șarjare, trebuie să fie de  $8 \text{ mg/m}^3$ .

21. Pentru desprăfuirea bazei de șarjare se recomandă utilizarea separatoarelor de tip scrubere cu autopulverizare (tip hidrocyclon) și de tip scrubere cu multiciclone umede.

22. Iluminarea medie a bazei de șarjare trebuie să fie de 150 lămpi.

23. La depunerea unui efort fizic cu întreruperi, purtarea și ridicarea maselor nu trebuie să depășească următoarele valori:

- 50 kg la bărbații adulți;
- 20 kg la femeile adulte;
- 20 kg la adolescenții – băieți;
- 12 kg la adolescenții – fete.

24. Distanțele de transport manual nu trebuie să depășească valoarea de 60 m.

25. Înălțimea maximă la care se admite ridicarea manuală a unei mase este de 1,5 m.

26. Deoarece la baza de șarjare se efectuează transporturi manuale și activități ce necesită ridicări de mase, legislația din România, [34], cu scopul protejării sănătății muncitorilor, prevede și o corelație între grupa de vârstă și masa manevrată manual – tabelul 44.

Tabelul 44

**Corelarea dintre masa maximă admisă pentru purtat sau ridicat, manual și grupele de vârstă, pentru personalul de deservire (bărbați și femei)**

Femei		Bărbați	
Grupa de vârstă, în ani	Masa de transportat manual, în kg	Grupa de vârstă, în ani	Masa de transportat manual, în kg
16...18	5	16...18	12
18...21	8	18...21	25
21...40	12	21...45	50
40...50	10	45...55	30
peste 50	8	peste 55	20

27. Trebuie să asigure izolarea dielectrică a părților metalice aflate sub tensiune.

28. Nu trebuie să existe riscul de atingere întâmplătoare, în timpul lucrului, a părților metalice, aflate sub tensiune, ale utilajelor și instalațiilor acționate electric.

29. Este obligatorie carcasarea de protecție a instalațiilor electrice.

30. Instalațiile electrice trebuie să fie îngrădite cu plase metalice sau table perforate.

31. Acolo unde este cazul, instalațiile electrice trebuie amplasate la înălțimi inaccesibile personalului.

32. Pentru aparatele de măsură și control portabile trebuie să se folosească doar tensiuni mici (36 V, 24 V, 12 V sau mai mici) – se precizează că electrocutarea se produce atunci când prin corpul

omenesc circulă un curent electric a cărui intensitate depășește limita de 0,01 A, în cazul curentului electric alternativ și limita de 0,05 A, în cazul curentului electric continuu. Curentul electric are influență asupra inimii (se produce fibrilația inimii – contractări și destinderi cu frecvență mare, adică de câteva sute de ori pe minut, ceea ce înseamnă stoparea funcționării inimii), sistemului nervos, cauzează arsuri sau chiar orbire etc.

33. Protecția prin legare la pământ se aplică la instalațiile electrice ce au tensiunea de lucru de până la 1.000 V și care funcționează cu punctul neutru al sursei de alimentare (transformator sau generator) izolat față de pământ, precum și la toate instalațiile electrice ce funcționează la tensiuni mai mari de 1.000 V.

34. Protecția prin legare la conductorul de nul se aplică numai la instalațiile electrice cu punctul neutru al sursei de alimentare legat direct la pământ.

35. Toate instalațiile și utilajele ce funcționează prin alimentare la rețeaua electrică, trebuie să fie prevăzute cu sistem de deconectare automată în cazul unei apariții de tensiune de atingere periculoasă.

36. La instalațiile electrice periculoase pentru om, trebuie să se aplice egalizarea potențialelor.

37. Toate instalațiile electrice trebuie verificate periodic, conform normativelor specifice.

38. Se interzice categoric lucrul pe linia de tensiune înainte de scoaterea de sub tensiune a respectivei linii.

39. Nu se ating, sub nici un motiv, conductoarele electrice (firele) căzute, chiar, la pământ.

40. Baza de șarjare trebuie să fie dimensionată în mod corespunzător în ceea ce privește numărul de electricieni și mecanici de intervenție, iar aceștia trebuie să fie ușor de găsit.

41. Temperatura maximă de preîncălzire a încărcăturii metalice – cea stabilită tehnologic – nu trebuie depășită deoarece cresc



semnificativ pierderile prin oxidare de elemente chimice și crește pericolul de disconfort termic al personalului.

42. Personalul trebuie să fie echipat, în mod obligatoriu, cu echipament adecvat specificului muncii și temperaturii mediului ambiant.

43. Trebuie să se acorde o mare atenție sortării materialelor ce urmează a fi introduse în cuptor și care prezintă pericol de explozie, așa cum ar fi proiectile, focoase, butelii, recipiente cu lichid inflamabil, vase închise, materiale metalice de proveniență militară, fără document de însoțire care să ateste calitatea de sort metalic pentru topire etc. În caz de sesizare a unor asemenea componente metalice, se impune consultarea obligatorie a pirotehnicienilor.

44. Este interzisă părăsirea și lăsarea instalațiilor și utilajelor funcționând, fără supraveghere, din partea acelor desemnați să supravegheze funcționarea acestora.

45. Personalul muncitor care se ocupă cu ancorarea maselor în dispozitivele podurilor rulante sau macaralelor, trebuie să cunoască impecabil codul comunicării prin semne cu mâna, pentru ca să comunice cu conducătorul mijloacelor de ridicat.

46. Baza de șarjare trebuie să dispună de sistem de ventilație dimensionat corespunzător pentru ca noxele să nu depășească limita periculoasă pentru sănătatea personalului care deservește respectiva bază de șarjare.

47. Sorturile metalice trebuie astfel aranjate sub formă de stivă în așa fel să nu existe pericol de alunecare și prăbușire.

48. Înălțimea stivei de sorturi metalice nu trebuie să fie, în nici un caz, mai mare de 1,5 ori latura mică a bazei.

49. În cazul în care manipularea bucăților metal de la baza de șarjare se face manual, înălțimea maximă a stivei trebuie să fie 1,2 m.

50. În cazul în care bucățile de metal sunt manevrate prin intermediul electromagnetului, graifărului etc., bucățile de sorturi metalice se pot depozita în buncăre a căror înălțime este determinată

de proiectant. Accesul personalului în respectivele buncăre este interzis.

51. Staționarea pe locul de depozitare a bucăților de sorturi metalice este interzisă.

52. Trecerea peste stivele/grămezile de sorturi metalice a personalului este strict interzisă.

53. Depozitul de sorturi metalice deservit de macarale trebuie să fie îngăduit iar intrarea personalului în depozit în timpul funcționării macaralelor este interzisă.

54. Tăierea sorturilor metalice în bucăți cu dimensiuni mai mici se face în locuri special amenajate – tăiere cu flacără oxiacetilenică, cu discuri abrazive, cu foarfeci, prin intermediul preselor etc.

55. La încărcarea bucăților de sorturi metalice feroase în buncăre, este interzisă deconctarea electromagnetului până când partea cea mai de jos a încărcăturii nu atinge nivelul încărcăturii metalice din buncăr.

56. Sistemul de avertizare sonoră al macaralelor cu electromagneți de încărcare a buncărelor trebuie să funcționeze impecabil cu scopul de avertizare oportună a muncitorilor din zona de lucru.

57. În cazul tăierii bucăților de sorturi metalice la dimensiuni mai mici cu gaze, trebuie respectate normele de protecție a muncii referitoare la arzătorul de sudare, furtunurile de cauciuc, conductele pentru acetilenă și oxigen, supapele de siguranță, recipientele tip baterie, prevenirea exploziilor la exploatarea recipientelor tip butelie pentru acetilenă, reductoarele de presiune, generatoarele și stațiile de acetilenă și depozitarea carbidului, [35].

58. Este interzisă tragerea bucăților de sorturi metalice de la baza stivei/grămezii – scoaterea bucăților de metal din buncăre se face în ordinea așezării acestora.

59. Este interzisă împingerea sau deblocarea încărcăturii metalice din buncărele intermediare în benele de încărcare, cu mâinile

sau picioarele. Pentru aceste operații se utilizează rânghi sau dispozitive adecvate.

60. Pentru cărățirea aparatelor de cântărit se folosesc cârlige sau rânghi sau se elimină tava.

61. Feroaliajele, prealiajele și metalele brute sau rafinate de aliere se depozitează pe sorturi și calități, în locuri speciale amenajate, lipsite de umezeală.

62. Depozitarea carbidului utilizat pentru desulfurarea fontei se face în încăperi uscate, bine aerisite și necombustibile, cu acoperișul ușor, construit din material ignifugat. Pardoseala va fi înălțată cu 20 cm față de terenul înconjurător astfel încât să nu fie posibilă inundarea încăperii.

63. Se interzice amplasarea depozitului de carbid în subsoluri sau demisoluri.

64. Butoaiele de carbid nu se vor deschide cu flacără, ciocane sau dălți de oțel ci numai cu ajutorul unui levier ascuțit confecționat din material neferos pentru a nu se produce scântei. Butoaiele începute vor fi acoperite cu un capac în permanență atunci când au rolul de stocare a carbidului.

65. Depozitarea recipientelor cu gaze comprimate se va face separat în clădiri independente și fără etaj, cu acoperișuri și pereți construiți din materiale necombustibile. Recipientele de gaze comprimate, încărcate sau descărcate, trebuie să fie asigurate, în timpul transportului și depozitării, împotriva răsturnării și căderii.

66. Recipientele încărcate se vor proteja împotriva încălzirii și răcirii puternice (temperaturi sub  $+5^{\circ}\text{C}$ ) și trebuie ferite de lovire, izbire și scuturare, în special atunci când temperatura este foarte scăzută.

67. Materialele metalice se depozitează în încăperi ferite de umezeală și bine aerisite.

68. Recipientii folosiți pentru gaze comprimate vor fi verificați după normele și instrucțiunile tehnice în vigoare – I.S.C.I.R., standarde, norme de P.S.I.

69. În cazul în care, la turnătoriile mici, micșorarea dimensiunilor sorturilor metalice de fontă, se face prin spargere manuală, trebuie ca respectiva operație să se realizeze în spațiu împrejmuit cu paravane de protecție. În afară de protecția corpului și ochilor, se recomandă pentru protecția picioarelor plăci protectoare de oțel sau duraluminu executate pe forma piciorului și prinse cu chingi. În spațiul în care se face spargerea fontei nu se admite prezența unei a doua persoane. Ciocanul de spart va fi zilnic verificat de 2...3 ori de un mecanic de întreținere. Masa maximă a ciocanului trebuie să fie de 10 kg.

70. În concasorul de sfărâmat feroaliaje se introduc bucăți ale căror dimensiuni nu depășesc valorile 200x100x80 mm. În cazul blocării fălcilor concasorului, deblocarea se face de la distanță de către persoane special instruite pentru această operație. Introducerea mâinilor sau picioarelor între fălcile concasorului este interzisă.

71. Dacă în baza de șarjare se depozitează materiale metalice care conțin explozivi, până la îndepărtarea substanțelor sau părților care prezintă pericol de explozie de către pirotehnicieni, artificieri etc., depozitarea se face sub pază continuă.

72. Sonetele utilizate pentru spargerea bucăților de sorturi metalice de fontă, nu se amplasează în baza de șarjare ci într-o zonă a teritoriului societății comerciale la distanță de cel puțin 50 m de oricare alte locuri de muncă sau căi de circulație. Perimetrul de lucru se marchează cu indicatoare de avertizare iar accesul oricărei persoane în zona de lucru a sonetei în timpul când acestea lucrează este interzis.

73. Starea utilajului de spargere a bucăților de fontă cu soneta (în special, cablurile, lanțurile, cleștii, berbecul și electromagneții) se controlează în fiecare schimb iar de două ori pe an se verifică stabilitatea și rezistența construcției sonetei).

74. Activitatea în incinta sonetelor se va desfășura numai de către personalul instruit special în acest scop – asupra regulilor de lucru la aceste instalații și a folosirii semnalelor de avertizare, pe baza instrucțiunilor elaborate de societatea comercială care exploatează

soneta și de către proiectantul tehnologic, pentru operația de spargere a fontei. Instrucțiunile de lucru și tehnica securității muncii se vor afișa într-un loc vizibil. Pe sonetă și în zona sonetei vor fi fixate plăci avertizoare ale căror text va fi elaborat de unitatea care exploatează instalația.

75. Sonetele trebuie să fie îngrădite din toate părțile cu pereți solizi cu o înălțime egală cu cel puțin  $\frac{3}{4}$  din înălțimea sonetei, dar nu mai mică de 7 m. Îngrădirea trebuie să înceapă de la sol. Se va prevedea numai o deschidere prin care să se alimenteze soneta cu materialul ce trebuie spart. Deschiderea respectivă trebuie să fie prevăzută cu un perete protector rezistent și, astfel construit, încât să excludă cu desăvârșire posibilitatea trecerii prin deschidere a bucăților de metal. Pereții care îngrădesc soneta se vor executa din grinzi rezistente, articulate la partea superioară pentru a putea oscila și vor prezenta siguranță deplină. În cazul folosirii unui berbec de peste 4 tone, partea inferioară a pereților va fi căptușită până la 4 m înălțime cu tablă de oțel cu grosimea de minimum 20 mm.

76. Se interzice lăsarea berbecului în poziția ridicată după terminarea lucrului.

77. Trolitul care ridică berbecul sonetei trebuie să fie adăpostit într-o cabină cu acoperiș și pereți rezistenți, situată în afara îngrădirii. În această cabină se adăpostesc și muncitorii care deservesc soneta.

78. Înainte de ridicarea berbecului sonetei, toți muncitorii vor părăsi locul îngrădit. Manevrarea pentru desprinderea berbecului din trolit va fi executată numai după ce manipulantul s-a convins că la emiterea semnalului acustic, în interiorul îngrădirii nu mai este nimeni.

79. Benele de încărcare se verifică la partea inferioară înainte de fiecare folosire. Lanțul sau cablul se va verifica cu mare atenție și se vor schimba în cazul când nu prezintă siguranță (deteriorări la lanț sau ruperi de fire la cablu). În cazul folosirii lanțurilor, acestea se vor schimba după maximum 7 zile de funcționare, chiar dacă nu prezintă urme de slăbire a rezistenței.

80. În timpul transportului benei încărcate, tot personalul va fi îndepărtat la cel puțin 6 m. Bena se va transporta la o înălțime de maximum 1 m deasupra obstacolelor. În momentul legării dispozitivului de deschidere la cârligul macaralei, bena se coboară la 20 cm de platformă.

81. Sunt interzise intervențiile la lacătul benei chiar din poziția laterală, atât timp cât ea se încarcă.

82. Operațiile de încărcare și descărcare se vor executa numai sub supravegherea unui conducător al formației de lucru, instruit special în acest scop, care va stabili procedeul de lucru nepericulos pentru operația respectivă, [36].

83. La operațiile de încărcare, descărcare, depozitare, nu este posibilă folosirea tinerilor sub vârsta de 16 ani.

84. Când manipularea unei bucăți de metal este efectuată de doi sau mai mulți muncitori, este, de asemenea, necesar ca efortul repartizat pe o persoană, să nu depășească limitele admise prevăzute la aliniatul consacrat efortului fizic. Se vor avea în vedere ca bucată respectivă să fie ancorată în mod corespunzător de uneltele de apucare sau cu mâinile.

85. În cazul în care trebuie să se deplaseze o bucată de metal concomitent de mai mulți muncitori, aceștia vor ridica sau coborî sarcina numai la comanda conducătorului operației.

86. Distanța liberă minimă dintre două mijloace de transport vecine ce se încarcă sau se descarcă simultan va fi următoarea:

- pentru autocamioane – 1 m;
- pentru tractoare cu remorci – 1,5 m;
- pentru autostivuitoare – 2 m;
- pentru vagoane de căi ferate – 1,7 m.

Dacă din cauza frontului de lucru nu se pot respecta distanțele prescrise, se interzice încărcarea sau descărcarea simultană.

87. La deschiderea obloanelor vehiculelor, muncitorii vor sta lateral, la capetele obloanelor, la o distanță de 1,5 ori dimensiunea

(matematică) maximă a materialului de descărcat pentru a nu fi atinși de oblon sau de materialul care s-ar putea rostogoli de pe platformă.

88. În cazul când operațiile de încărcare sau descărcare se execută manual, podețele înclinate ce se amplasează între vehicul și rampă vor fi prevăzute cu șipci transversale fixate la o distanță de 300..400 mm între ele sau cu alte mijloace care să împiedice alunecarea muncitorilor.

89. Pentru a asigura stabilitatea și rezistența planelor înclinate sau ale podețelor – dintre vehicul și rampă –, în funcție de masa încărcăturii, sub acestea se vor pune capre sau picioare din traverse.

90. Dacă pentru descărcarea materialelor se utilizează grinzi metalice, acestea nu trebuie să se arcuiască în mod vizibil sub acțiunea maselor ce se descarcă și trebuie să se sprijine dedesubt.

91. Se va evita așezarea de stive sau depozite de materiale, la o distanță mai mică – de marginea unei săpături – decât cea egală cu adâncimea totală a acesteia.

92. Rampele de descărcare se construiesc astfel încât cota lor superioară să fie la nivelul platformei vagoanelor de căi ferate, respectiv al autovehiculelor.

93. La descărcarea vehiculelor cu bucăți de metal cu masa mare sau voluminoase, prin intermediul instalațiilor de ridicat, respectivele bucăți vor fi așezate cât mai lin și fără șocuri.

94. Se interzice staționarea muncitorilor pe bucățile de metal care se descarcă.

95. Se interzice aruncarea, târârea sau rostogolirea orizontală a recipientelor pentru gaze sub presiune chiar și pe distanțe scurte.

96. Se permite deplasarea recipientelor butelie pe distanțe scurte (cel mult 5 m) de către muncitori experimentați printr-o ușoară înclinare ușoară și rostogolire în această poziție în jurul platformelor.

97. Deplasarea recipientelor butelie pe distanțe mai mari de 5 m se permite numai cu ajutorul mijloacelor de transport (cărucioare, lize etc.) prevăzute cu un sistem de amortizare (arcuri, roți cu bandaje

de cauciuc etc.) și cu sisteme de asigurare a recipientelor împotriva căderii.

98. Este interzisă deplasarea buteliilor pentru gaze sub presiune de către instalațiile de ridicat prin intermediul improvizărilor. Deplasarea respectivă este permisă numai atunci când acestea sunt așezate în containere speciale care asigură o prindere corespunzătoare în cârligul instalației.

99. Se interzice deplasarea recipientelor, butelie pentru gaze sub presiune, pline sau goale, cu ajutorul instalațiilor de ridicat cu electromagnet de prindere.

100. Se interzice descărcarea recipientelor butelie prin căderea lor pe un pat elastic (format din anvelope).

101. Recipientele defecte cu oxigen, azot, bioxid de carbon, argon etc. (gaze netoxice) se transportă într-un loc în aer liber și se vor păstra până la evaporarea completă a conținutului (sau până la ieșirea acestuia). Se va avea în vedere ca locul din aer liber să nu dispună de riscul de scânteii sau alte surse de foc.

102. În timpul descărcării recipientelor cu gaze sub presiune se vor lua măsuri pentru a evita încălzirea acestora la o temperatură mai mare de 40°C.

103. Se interzice muncitorilor să transporte plumb, sub orice formă, dacă nu au mâinile protejate cu mănuși de cauciuc și dacă nu poartă îmbrăcăminte de protecție.

104. Stivuirea recipientelor butelie pentru gaze sub presiune, pline sau goale, prevăzute cu inele de protecție din cauciuc, se poate face până la înălțimea de cel mult 1,5 m. Recipientele vor avea toate capacele montate și orientate în același sens. Recipientele vor avea capetele rândurilor asigurate împotriva rostogolirii.

105. La stivuirea materialelor ambalate în saci sau baloturi, rândurile vor fi întretesute iar sacii vor fi orientați cu gura înspre interiorul stivei.

106. Se interzice folosirea macaralelor pentru târârea sarcinilor pe sol.



107. Se interzice ridicarea sau deplasarea sarcinilor de către macarale când cablul este în poziția oblică.

108. Se interzice balansarea sarcinilor pentru a le așeza într-un punct care nu poate fi deservit în mod normal de macara.

109. Se interzice deplasarea macaralelor cu lanțurile, cablurilor sau cârligelor târâte pe sol.

110. După terminarea lucrului sau la întreruperea lucrului, sarcina nu trebuie să rămână suspendată.

111. Este interzisă folosirea macaralelor sau mecanismelor de ridicat pentru ridicarea unor sarcini mai mari decât sarcina maximă admisă sau dacă sarcina este limitată prin condiții de formă sau de gabarit și nu se respectă condițiile respective.

112. Responsabilul cu supravegherea instalațiilor de ridicat și transportat are următoarele atribuții pe linie de protecție a muncii:

- utilizarea acestora în conformitate cu prescripțiile tehnice în vigoare, instrucțiunile de exploatare și normele de protecție a muncii;

- să interzică manevrarea instalațiilor de ridicat de către personalul neautorizat;

- să urmărească executarea verificărilor periodice a instalațiilor de protecție împotriva tensiunilor de atingere și consemnarea rezultatelor;

- să urmărească executarea la termenele prescrise a verificării cablurilor, lanțurilor și ale celorlalte dispozitive de prindere și legare a sarcinilor;

- să oprească din funcțiune instalațiile care prezintă defecțiuni atât la partea mecanică cât și electrică și să ia măsuri în vederea eliminării acestora.

113. Calea de rulare, formată din șine metalice, a instalațiilor de ridicat și transportat, trebuie să fie utilizată drept conductor de protecție.

114. Construcția metalică a halei de șarjare trebuie să fie folosită drept conductor de protecție. Șinele căii de rulare a mijloacelor de ridicat trebuie să fie legate la construcția metalică a

halei bazei de șarjare pe tot parcursul ei, în punctele situate la distanță între ele de maximum 10 m.

115. Alimentarea instalațiilor de ridicat și transport trebuie făcută numai între faze fără a se utiliza nulul de lucru.

116. Tensiunea maximă admisă la alimentarea instalațiilor de ridicat și transportat este de 0,4 KV.

117. La instalațiile pe ale căror șine de rulare există posibilitatea depunerii unor materiale electroizolante (depuneri de nisip, praf etc.) se vor prevedea dispozitive care să curețe calea de rulare și care să asigure un bun contact electric.

### Bibliografie

1. Lupincă, C.I. și Ripoșan, I. Influența fontelor brute sintetice asupra calității fontelor cenușii nealiat, elaborate în cuptoare cu inducție. București. Revista de Turnătorie. nr. 7, 8. 2003. p.3...5;
2. Ripoșan, I. Sorelmetal face posibilă utilizarea fierului vechi obișnuit la producerea pieselor de înaltă calitate turnate din Fgn. București. Revista de Turnătorie nr. 3/2002. p.5...11;
3. Ripoșan, I. Stabilizarea producerii Fgn feritice și perlitice prin utilizarea Sorelmetal în încărcătură. București. Revista de Turnătorie nr. 1, 2/2003, p. 6...12;
4. Prodan, N. Utilizarea unor produse metalurgice secundare în turnătorie. București. Revista de Turnătorie, nr. 2/2000.p.43...46;
5. Ștefănescu, C.ș.a. Îndrumătorul proiectantului de tehnologii în turnătorii. București. Editura Tehnică.1985, vol. I;
6. Cojocaru-Filipiuc, V. Fonte-obținere. Iași. Editura "Samia".2003;
7. Cojocaru, V. Bazele teoretice ale elaborării aliajelor. Iași. Institutul Politehnic Iași. 1993;
8. Sofroni, L., Ripoșan, I., Brabie, V. și Chișamera, M. Turnarea fontei. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1985;
9. Cosneanu, C., Covacevici, V., Dumitrescu, V. și Vicenz, C. Elaborarea aliajelor de turnătorie în cuptoare electrice prin inducție. București. Editura Tehnică.1974;
10. Ripoșan, I. și Chișamera, M. Tehnologia elaborării și turnării fontei. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1981.
11. Cojocaru, V. Elaborarea și turnarea aliajelor feroase (elaborarea și turnarea fontei). Iași. Institutul Politehnic. 1987.
12. Anghel, I. Sudarea oțelurilor aliate. București. Editura Tehnică. 1993;
13. Comisia de standardizare. Fonte și oțeluri. București. Editura Tehnică.1955;

14. Tripșa, I., Hătărăscu, O. și Rozolimo, P. Obținerea directă a fierului din minereu. București. Editura Tehnică. 1976.
15. Ripoșan, I. și Sofroni, L. Fonta cu grafit vermicular. București. Editura Tehnică. 1984.
16. Oprea, F., Taloi, D., Constantin, I. și Roman, R. Teoria proceselor metalurgice. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1978;
17. Tripșa, I., Oprea, F. și Dragomir, I. Bazele teoretice ale metalurgiei extractive. București. Editura Tehnică. 1967;
18. Dragomir, I. Teoria proceselor siderurgice. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1985;
19. Tripșa, I. ș.a. Mică enciclopedie de metalurgie. București. Editura Științifică și Enciclopedică. 1980;
20. Sofroni, L. și Ștefănescu, D.M. Fonte speciale. București. Editura Tehnică. 1974;
21. Gâdea, S. ș.a. Manualul inginerului metalurg. București. Editura Tehnică. 1978. vol. I;
22. Sofroni, L. Elaborarea și turnarea aliajelor. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1975;
23. Cojocaru-Filipiuc, V. Instalație de preîncălzire și încărcare. Brevet de invenție. România. Nr. 114.037.1998;
24. Cojocaru-Filipiuc, V. Instalație de preîncălzire a materialelor de adaos. Brevet de invenție. România. Nr. 114281.1999;
25. Laplanche, H. Les fontes et leurs traitements thermiques. Paris. Pyc – Edition – Desforges. 1975;
26. Sterian, C., Catană, V., Holban, V. și Popovici, R. Economia de coals la elaborarea fontelor în cubilou. București. Editura Tehnică. 1986;
27. Ripoșan, I. Materiale de carburare performante românești pentru fonte. București. Revista de Turnătorie. Nr. 5, 6.2004. p. 18...22;
28. Ripoșan, I. Evaluarea materialelor de carburare pentru fonte. București. Revista de Turnătorie. Nr. 1. 2002. p. 10...13;

29. Bednar, V. și Bednar, H. Chimie fizică generală. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1978;
30. Gâdea, S. ș.a. Manualul inginerului metalurg. București. Editura Tehnică. 1982; vol. al II-lea;
31. Cheșa, I., Lașcu-Simion, N., Mureșanu, C., Rizescu, C. și Teodorescu, M.S. Mărci și produse de oțel. București. Editura Tehnică. 1989;
32. Cojocaru, V. Fonte utilizate în construcția de mașini. Iași. Editura "Gh. Asachi". 1996;
33. Vacu, S. ș.a. Metalurgia feroaliajelor. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1980;
34. Ștefănescu, C. ș.a. Îndrumătorul proiectantului de tehnologii în turnătorii. Editura Tehnică. Volumul al II-lea. 1986;
35. Oficiul de Informare Documentară. Normativ de protecție a muncii pentru industria de utilaj greu, construcții de mașini și electrotehnică. București. I.C.I.E. 1987. volumul 2;
36. Oficiul de Informare Documentară pentru industria constructoare de mașini. Normativ de protecție a muncii pentru industria de utilaj greu, construcții de mașini și electrotehnică. București. I.C.I.E. 1987. volumul 1;
37. Rădulescu, C.G. Îndrumător tehnologic al muncitorilor turnători. București. Editura Tehnică. 1981;
38. Rău, A. și Tripșa, I. Metalurgia oțelului. București. Editura Didactică și Pedagogică. 1973;
39. Sofroni, L. și Ștefănescu, D.M. Fonte modificate. București. Editura Tehnică. 1971.