

**Materii prime și materiale folosite în  
metalurgia extractivă  
și procesarea materialelor metalice**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**Materii prime și materiale folosite în metalurgia extractivă  
și procesarea materialelor metalice / Stelian Stan, Mihai**

Chisamera, Florin Ștefănescu, ... - București : Editura  
Academiei Oamenilor de Știință din România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-56-6

I. Stan, Stelian

II. Chisamera, Mihai

III. Ștefănescu, Florin

62.002.3:67

**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

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

**Redactor:** ing. Mihail CĂRUȚAȘU

**Documentarist:** ing. Ioan BALINT

**Coperta:** ing. sist. Adrian Nicolae STAN

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

**Stelian Stan**  
**Mihai Chisamera**  
**Florin Ștefănescu**

**Materii prime și materiale  
folosite în metalurgia  
extractivă și procesarea  
materialelor metalice**



**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**București**

**2011**



# Cuprins

<b>1. Identificarea și caracterizarea materialelor metalice și nemetalice utilizate la elaborarea fontelor .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Tipuri caracteristice de materiale de formare, miezuire și auxiliare utilizate în fabricația de piese turnate .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Materii prime și materiale folosite în metalurgia extractivă și procesarea materialelor metalice .....</b>	<b>25</b>
<b>4. Identificarea și caracterizarea materialelor reciclabile .....</b>	<b>37</b>
<b>5. Caracterizarea materialelor utilizate pentru obținerea materialelor compozite .....</b>	<b>51</b>
<b>6. Identificarea materiilor prime și a materialelor utilizate în metalurgia extractivă. Caracteristici fizico-chimice ale acestora. Resurse indigene și din import .....</b>	<b>61</b>
<b>7. Metode moderne de determinare a caracteristicilor calitative ale materiilor prime utilizate la elaborarea materialelor metalice .....</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>84</b>



## Capitolul 1

# Identificarea și caracterizarea materialelor metalice și nemetalice utilizate la elaborarea fontelor

### 1.1 Materii prime utilizate la elaborare

#### A. Materiale specifice elaborării fontelor

La elaborarea fontelor destinate turnării în piese se folosesc câteva grupe de materiale cu un grad ridicat de diversificare în funcție de proveniență, compoziție chimică de bază, grad de aliere, conținut de elemente reziduale și destinație, astfel:

- fonte brute care în funcție de proveniență pot fi:
  - fonte de furnal.
  - fonte sintetice elaborate în cuptoare electrice cu arc (CEA) sau cu inducție (CEI).
  - fonte brute de ilmenit rezultate din procesul de fabricație al Ti prin reducerea minereului de ilmenit ( $\text{FeO.TiO}_2$ ).
- deșeuri de fontă (fontă veche) provenite din colectarea pieselor turnate din fontă scoase din uz sau din prelucrarea pieselor din fontă (șpan).
- deșeuri de oțel (fier vechi) provenite din colectare (inclusiv șpan).
- deșeuri proprii (recirculate), provenite din producția proprie (rețele, maselote, rebuturi etc.).
- feroaliaje ( $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeMn}$ ,  $\text{FeCr}$ ...).
- materiale ajutătoare:  $\text{SiC}$ ,  $\text{CaC}_2$  etc.
- prealiaje (aliaje speciale) utilizate pentru tratarea fontei lichide înainte de modificare (precondiționare).
- materiale carbonice (cocs de turnătorie pentru cubilou, materiale de carburare).
- fluxuri (fondanți): calcar, fluorină, var.
- materiale desulfurante:  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  etc.
- materiale diverse: minereu de fier, magnezită, zguri bazice etc.

Caracteristicile principale ale materialelor metalice de bază sunt prezentate în tabelul 1.1.

Conform SR EN 10 001/1993, sunt considerate fonte brute aliajele fierului cu carbonul în care  $C > 2,0\%$  iar conținuturile de elemente de aliere satisfac condițiile:  $Mn \leq 30,0\%$ ;  $Si \leq 8,0\%$ ;  $P \leq 3,0\%$ ;  $Cr \leq 10\%$ ; alte elemente de aliere, în total  $\leq 10,0\%$ . La conținuturi mai mari decât cele indicate, sunt considerate feroaliaje.

Tabelul 1.1

Caracteristicile principale ale materialelor metalice utilizate la elaborarea fontelor  
turnate

Materialul (0)	Caracteristici principale (1)	Efecte asupra fontei elaborate (2)
<b>a) Fonte brute de furnal (SREN 10 001/1993)</b> a <sub>1</sub> ) Fonte de turnătorie de uz general nealiat: Pig – P1 Si...Pig – P17Si  a <sub>2</sub> ) fonte de turnătorie nealiat destinație specială: a <sub>2.1</sub> ) Pig – Nod  a <sub>2.2</sub> ) Pig – Nod Mn  a <sub>2.3</sub> ) Fonte cu conținut redus de C (Pig – LC)  a <sub>2.4</sub> ) Alte fonte aliate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziție chimică: C = 3,3 – 4,5%; <math>\text{Si}</math> = 1,0 – 4,0%; Mn = 0,4 – 1,5%; S ≤ 0,06%.</li> <li>După %P se împart în 5 clase: ≤ 0,012% P (Pig – P1Si) (1,4 – 2)% P (Pig – P17Si)</li> <li>Structură grafitică: - G &gt; 15% - L<sub>G</sub> &gt; 500μm</li> <li>Conținut ridicat de incluziuni nemetalice.</li> <li>Conținut ridicat de gaze.</li> <li>Temperatură de topire scăzută.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziția chimică. C = 3,5 – 4,6%; <math>\text{Si}</math> &lt; 3%; Mn &lt; 0,1%; P ≤ 0,08%; S ≤ 0,03%.</li> <li>Structură grafitică.</li> <li>Conținut relativ redus de gaze și incluziuni.</li> <li>Conținut redus de elemente antinodulizante și carburigene, dar neprecizat.</li> <li>Conținutul altor elemente de aliere poate ajunge la 0,5% pentru fiecare element.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziția chimică: C = 3,5 – 4,6%; <math>\text{Si}</math> &lt; 4,0%; Mn = 0,1 – 0,4%; P ≤ 0,08%; S ≤ 0,03%.</li> <li>Alte caracteristici – idem Pig – Nod</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>C = (2...3,5%]; <math>\text{Si}</math> ≤ 3,0%; Mn = (0,4...1,5]; P ≤ 0,30; S = 0,06.</li> <li>Structură de fontă albă, pestriță sau cenușie în funcție de compoziție.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nu sunt specificate în standard</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat de C, Si, S și P în funcție de clasă.</li> <li>Efect de ereditate ridicat.</li> <li>Impune supraîncălzire ridicată pentru limitarea efectului de ereditate (dizolvare grafit, eliminare incluziuni).</li> <li>Mărește potențialul de grafitizare.</li> <li>Consum redus de energie la topire.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat de C și redus de Mn, S și P;</li> <li>Destinată obținerii Fgn feritice</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat de C și Si, limitat de Mn și redus de P și S.</li> <li>Destinată obținerii Fgn ferito-perlitice în funcție de %Mn.</li> <li>Limita superioară de 0,5% pentru elementele de aliere poate afecta calitatea Fgn</li> <li>Aport scăzut de C și ridicat de Mn, P și S.</li> <li>Destinație: - elaborare fonte maleabile; - în combinație cu fontele brute de uz general, pentru reducerea fenomenului de ereditate la elaborarea fontelor cenușii.</li> </ul>
<b>b) Fonte de afinare</b> b <sub>1</sub> ) Fosfor scăzut Pig-P2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziția chimică, %: C = 3,3...4,8%; <math>\text{Si}</math> ≤ 1,0; Mn = 0,4...0,6%; P ≤ 0,25; S ≤ 0,06.</li> <li>Structură de fontă albă sau pestriță.</li> <li>Conținut scăzut de grafit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat în C, P și S și redus de Si.</li> <li>Aport foarte redus în germeni de grafitizare ceea ce determină o tendință ridicată de albire.</li> <li>Favorizează grafitul interdendritic</li> <li>Destinația principală – afinare oțel.</li> </ul>



(0)	(1)	(2)
b <sub>2</sub> ) Fosfor ridicat Pig – P20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziție chimică, %: C = 3,0...4,5; <math>\text{Si} \leq 1,0</math>; <math>\text{Mn} \leq 1,5</math>; P = 1,5...2,5; <math>\text{S} \leq 0,08</math></li> <li>Caracteristici structurale - similare Pig-P2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat de C, P, S și Mn.</li> <li>Alte efecte – idem Pig-P2.</li> <li>Destinație: afinare oțeluri.</li> <li>În combinație cu fonte brute din categoria a<sub>1</sub> se utilizează pentru elaborarea fontelor cu fosfor ridicat.</li> </ul>
<b>c) Fonte brute aliate</b> c <sub>1</sub> ) Fonte oglindă (Pig – Mn)  c <sub>2</sub> ) Alte fonte aliate (Pig – SPA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziție chimică, %: C = 4,0...6,5; <math>\text{Si} = \text{max. } 1,5</math>; <math>\text{Mn} = 6...30</math>; <math>\text{P} \leq 0,30</math>; <math>\text{S}_{\text{max}} = 0,05</math></li> <li>Structură: fontă albă.</li> <li>Compoziție chimică conform condițiilor impuse prin definiția fontelor brute (v. limitele în text).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aport foarte ridicat de Mn și C;</li> <li>Se utilizează pentru alierea cu Mn și C în condițiile unor pierderi mai reduse prin ardere față de alierea cu FeMn.</li> <li>Aport în elemente de aliere conform mărcii.</li> <li>Destinate elaborării fontelor aliate.</li> </ul>
<b>d) Fonte brute de înaltă puritate -FIP</b> d <sub>1</sub> ) Fontă de furnal specială  d <sub>2</sub> ) Fontă sintetică (elaborată în cuptoare electrice din deșeuri de oțel)  d <sub>3</sub> ) Fonte de înaltă puritate de ilmenit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compoziție chimică, în %: C = 4,0 – 4,5; <math>\text{Si} = 0,5 - 1,5</math>; <math>\text{Mn} = 0,1 - 0,3</math>; <math>\text{P} &lt; 0,08</math>; <math>\text{S} = 0,01 - 0,03</math>; <math>\text{Cr} &lt; 0,05</math>; <math>\text{Cu} &lt; 0,05</math>; <math>\text{Ni} &lt; 0,05</math>.</li> <li>Conținut redus de incluziuni și gaze.</li> <li>Conținut redus de elemente antinodulizante și carburigene.</li> <li>Compoziție chimică, în %: C = 3,4 – 4,0; <math>\text{Si} = 0,5 - 2,0</math>; <math>\text{Mn} = 0,05 - 0,4</math>; <math>\text{P} &lt; 0,04</math>; <math>\text{S} &lt; 0,03</math>; <math>\text{Cr} = 0,03 - 0,15</math>; <math>\text{Cu} = 0,03 - 0,10</math>; <math>\text{Ni} = 0,03 - 0,10</math>.</li> <li>Structură de fontă cenușie sau pestriță.</li> <li>Conținut redus de gaze și incluziuni.</li> <li>Conținut relativ variabil de elemente reziduale, în funcție de calitatea deșeurilor utilizate la elaborare.</li> <li>Produs secundar la fabricația Ti din ilmenit prin reducere în cuptoare electrice.</li> <li>Compoziție chimică, în %: C = 4,0 – 4,5; <math>\text{Si} = \text{max. } 0,4</math> și <math>0,75 - 1,25</math>; <math>\text{Mn} = &lt; 0,05</math> și <math>0,005 - 0,025</math>; <math>\text{P} &lt; 0,04</math> și <math>0,013 - 0,028</math>; <math>\text{S} &lt; 0,015</math> și <math>0,005 - 0,006</math>; <math>\text{Cr} &lt; 0,010</math>; <math>\text{Cu} &lt; 0,01</math>; <math>\text{Ni} &lt; 0,01</math>.</li> <li>Structură grafitică datorită conținutului foarte redus de Mn.</li> <li>Conținut foarte redus de elemente reziduale antinodulizante sau carburigene (<math>0,025\% \text{ Ti}</math>; <math>&lt; 0,01\% \text{ Al, Cr, V, Cu, Mo...}</math>).</li> <li>Conținut foarte redus de gaze și incluziuni.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aport ridicat de C și redus de Mn, P și S.</li> <li>Creșterea potențialului de germinare al grafitului</li> <li>Scăderea tendinței de formare a carburilor.</li> <li>Eficiență ridicată a modificării compactizante.</li> <li>Aport ridicat de C și relativ redus de Mn, P și S.</li> <li>Aport semnificativ de elemente carburigene și antinodulizante, în funcție de calitatea deșeurilor de oțel folosite în încărcătură.</li> <li>Potențial redus de grafitizare.</li> <li>Control dificil asupra elementelor reziduale cu efect antinodulizant.</li> <li>Răspuns imprevizibil la procesele de modificare compactizantă și grafitiz.</li> <li>Aport ridicat în C și foarte scăzut în Mn, Si, P și S.</li> <li>Aport foarte redus în elemente reziduale.</li> <li>Diluarea compoziției chimice a topiturii în elemente nedorite în Fgn.</li> <li>Îmbunătățirea calității metalurgice a topiturii din punct de vedere al răspunsului la procesele de modificare.</li> <li>Reduce necesitatea adaosurilor de PR pentru neutralizarea elementelor nocive.</li> <li>Scade semnificativ consumul de modificatori.</li> <li>Face posibilă obținerea Fgn feritice cu alungiri de peste 20%, direct din turnare.</li> <li>Scad rebaturile datorate defectelor</li> </ul>

(0)	(1)	(2)
e) Deșeuri de fontă (fontă veche)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compoziție chimică extrem de variată, în funcție de proveniența pieselor colectate.</li> <li>• Nu se poate efectua un control asupra elementelor reziduale decât după topire.</li> <li>• Conținut ridicat de S și P.</li> <li>• Structură diversă în funcție de proveniență.</li> <li>• Conținut ridicat de impurități.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aport de elemente reziduale imprevizibil.</li> <li>• Aport în sulf și fosfor ridicate.</li> <li>• Răspuns imprevizibil la modificare.</li> <li>• Consum mare de modificador.</li> <li>• Necesitatea unor modifikatori pe bază de PR și cu putere mare de inoculare.</li> </ul>
f) Deșeuri de oțel f <sub>1</sub> ) calitate scăzută  f <sub>2</sub> ) calitate ridicată (selectate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compoziție chimică diversă.</li> <li>• Conținut variat de metale și aliaje neferoase.</li> <li>• Conținut ridicat de impurități oxidice.</li> <li>• Temperatură ridicată de topire.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compoziție chimică controlată, în %: Mn &lt; 0,3; Cr &lt; 0,01; Cu &lt; 0,1; Ni &lt; 0,1; Sn &lt; 0,02.</li> <li>• Conținut redus de oxizi</li> <li>• Nu conține metale sau aliaje neferoase.</li> <li>• Temperatură de topire ridicată.</li> <li>• Susceptibil la impurificare prin vopsire sau depuneri galvanice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aport foarte redus de C și Si.</li> <li>• Aport redus de P și relativ redus de S</li> <li>• Aport ridicat de elemente reziduale cu efect nociv asupra grafitului și MMB</li> <li>• Reduce potențialul de grafitizare al fontei impunând un consum mai mare de inoculant;</li> <li>• Finisează grafitul;</li> <li>• Crește riscul de defecte de contracție;</li> <li>• Creșterea proporției de deșeuri de oțel în încărcătură duce la creșterea rezistenței la tracțiune a Fgl.</li> <li>• Aport foarte redus de C și Mn și redus de P și S.</li> <li>• Aport foarte redus de elemente nocive pentru fontă fără însă a elimina riscul unor contaminări.</li> <li>• Reduce potențialul de grafitizare</li> <li>• Nu afectează esențial răspunsul fontei la modificarea compactizantă dar impune un consum mai mare de inoculant.</li> <li>• Efect favorabil asupra proprietăților mecanice ale Fgl.</li> </ul>
g) Deșeuri proprii (recirculate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compoziție chimică – în domeniul fontei turnate dacă nu există alte surse de impurificare.</li> <li>• Grad de puritate ridicat</li> <li>• Conținut ridicat de Si.</li> <li>• Temperatură de topire scăzută.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aport relativ ridicat de C și foarte ridicat de Si.</li> <li>• Aport scăzut de S, P și elemente reziduale nocive.</li> <li>• Răspuns favorabil la procesele de modificare compactizantă și inoculantă.</li> <li>• Datorită aportului ridicat în Si, creșterea ponderii recirculatelor în încărcătură impune folosirea tehnicii de modificare cu Mg metalic.</li> <li>• Scade costul de fabricație.</li> </ul>

### B. Alegerea materialelor metalice și alcătuirea încărcăturii cuptorului

La alcătuirea încărcăturii metalice în vederea elaborării unei șarje de fontă se au în vedere următoarele criterii mai importante:

- tipul și marca fontei turnate;
- compoziția chimică a fontei elaborate;
- tipul agregatului de elaborare;
- natura și calitatea materialelor de șarjare disponibile și cheltuielile legate de pregătirea încărcăturii.
- posibilitatea de analize tehnice (gradul de dotare al laboratorului) existente;

- indicele de scoatere a metalului la topire;
- posibilitatea de prelucrare a fontei lichide în afara agregatului de elaborare;
- tehnicile de modificare existente;
- prețului de achiziție al materialelor.

**Tipul și marca fontei turnate** au o importanță care în anumite condiții poate fi decisivă în alegerea materialelor de șarjare și alcătuirea componenței încărcăturii. Fontele de înaltă performanță impun utilizarea unor materiale de calitate, cu compoziție riguros controlată, conținut cât mai redus de elemente nocive și fără impurități (fonte de înaltă puritate, deșeurilor de oțel selectate, recirculate cu istorie cunoscută etc.). Rețeta de încărcare este dictată de compoziția chimică a fontei elaborate, de compozițiile materialelor de încărcare și de efectul acestora asupra calității metalurgice a topiturii (potențial de germinare al grafitului, riscul formării carburilor, tendința de segregare, fluiditatea fontei etc.) și în final asupra proprietăților mecanice ale fontei. Fontele cu grafit lamelar cu rezistență mecanică ridicată impun utilizarea în încărcătură a deșeurilor de oțel care limitează efectul de grafitizare exagerat al fontelor brute și favorizează o structură fină a grafitului. O pondere prea ridicată a deșeurilor de oțel duce la un răspuns mai slab al fontei la inoculare, apariția grafitului de subrăcire și a carburilor. În fig. 1.1 este prezentată dependența dintre marca fontei turnate și ponderea fierului vechi și conținutul mediu de carbon în încărcătură.

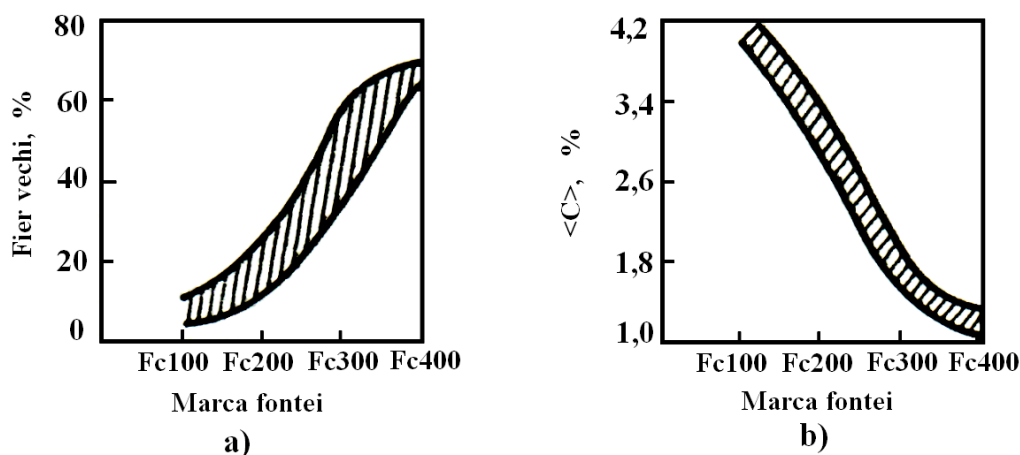


Fig. 1.1. Ponderea fierului vechi (a) și conținutul mediu de carbon (b) în încărcătura cubiloului necesare pentru obținerea diferitelor mărci de fontă cenușie.

La elaborarea fontelor cu grafit nodular s-a ajuns la o stabilizare a tehnologiilor de elaborare care au ca element comun renunțarea la utilizarea deșeurilor de fontă veche în încărcătură și utilizarea la maxim posibil a deșeurilor proprii (recirculatele). O rețetă de încărcare generală pentru obținerea Fgn poate conține: