

## **11. Calculul practic al zgurii**

Conducerea calculului zgurii este relativă deoarece sunt mulți factori implicați în procesul de formare a zgurii, inclusiv, cum ar fi, de exemplu, intensitatea regimului termic, acoperirea sau nu a cuptorului cu capac în timpul funcționării, forma în care se află elementul chimic în sortul metalic – metal pur, compus chimic, soluție, caracterul soluției (reală, ideală, suprasaturată) – mărimea bucăților de metal, mărimea creuzetului, gradul de încărcare al creuzetului, gradul de ruginire al sortului metalic, folosirea sau nu a materialelor reducătoare în încărcătură, durata de elaborare, compoziția chimică a căptușelii refractare, compoziția chimică a fontei, compoziția chimică a materialelor de corecție (de adaos, diluare, desulfurare, carburare etc.), gradul de puritate al sorturilor metalice (prezența sau nu a nisipului sinterizat, pământului, betonului etc.) etc.

### **11.1. Proveniența zgurii din oxidarea unor elemente chimice în timpul topirii**

În timpul topirii elementele chimice din încărcătură se oxidează conform reacțiilor chimice următoare, în principal:



Pe lângă reacțiile chimice de mai sus, în cazul elaborării fontei, pe lângă reacțiile chimice 11.1...11.15, pot avea loc și alte reacții chimice de oxidare, reacțiile chimice 11.1...11.15 fiind considerate ca având loc în mod curent.

Ca reacții chimice cu potențial de desfășurare se mai precizează următoarele:





Reacțiile chimice (11.15.1), (11.15.3), (11.15.5) și (11.15.6) sunt de tipul reacțiilor chimice (11.1), (11.2), (11.3), (11.4), (11.5), (11.8), (11.9), (11.10) și (11.11), atunci când se calculează cantitatea de zgură, căldura exotermă a reacțiilor de oxidare etc.

Reacțiile chimice (11.15.2) și (11.15.4) sunt de tipul reacțiilor chimice (11.7), (11.12), (11.13), (11.14) și (11.15).

În funcție de prezența sau nu a cuptorului cu capac reacțiile chimice de oxidare a metalelor prezentate anterior se pot desfășura și cu obținerea de oxizi superior dacă există un disponibil de oxigen mai mare.

Unele elemente chimice dau naștere, prin oxidare, la oxizi diferiți, după cum se consideră perioada de topire sau perioada de supraîncălzire în stare lichidă – o asemenea comportare o are cuprul care în timpul etapei de topire se oxidează la CuO iar în timpul etapei de supraîncălzire în stare lichidă, se oxidează la Cu<sub>2</sub>O. Prin urmare, calculele ce se prezintă în continuare sunt relative.

Se apreciază că în condiții ce favorizează oxidarea, în timpul topirii, se oxidează și nichelul, cuprul și molibdenul, în proporție de 3... 4%, fiecare element.

Cantitățile de oxizi E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> ce trec în zgura primară – Q<sub>E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> zg, primară</sub> – se determină cu relații diferite, în funcție de reacția chimică de oxidare, după cum urmează:

– pentru reacții chimice de tipurile 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.8, 11.9, 11.10 și 11.11, relația (11.16);

$$Q_{E_x O_y \text{ zg, primară}} = \sum_{i=1}^n <\%E_i> \cdot \frac{\%a_{E_{it}}}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{M_{E_i}}, \quad (11.16)$$

în care Q<sub>E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> zg, primară</sub> reprezintă cantitatea de oxizi E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> ce trec în zgura primară – în timpul etapei de topire –, în kg/100 kg de încărcătură metalică; <%E<sub>i</sub>> – proporția de element chimic E<sub>i</sub> din încărcătură calculată în funcție de frecvența curentului de la cuptor – a se vedea aliniatul al doilea, care urmează; %a<sub>E<sub>it</sub></sub> – proporția de element chimic E<sub>i</sub> care arde în timpul topirii în funcție de frecvența curentului de la cuptor – a se vedea aliniatul al treilea, care urmează; M<sub>E<sub>x</sub>O<sub>y</sub></sub> – masa moleculară a E<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, în kg; M<sub>E<sub>i</sub></sub> – masa atomică a elementului E<sub>i</sub>, în kg.

CO ce rezultă din oxidarea carbonului este în stare gazoasă – trece în atmosferă gazoasă. De asemenea, SO<sub>2</sub> trece în atmosfera gazoasă.

Relația (11.16) se aplică pentru toate elementele chimice care se oxidează.

<%E<sub>i</sub>> este calculat la paragraful 2, în funcție de numărul de sorturi metalice din încărcătură și de tipul cuptorului cu inducție.

$\%a_{E_{it}}$  este prezentată în tabelul 4.1 în cazul elaborării fontei în cuptoare ce funcționează cu frecvență medie sau mare și în tabelul 4.2, în cazul elaborării în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei.

În tabelul 11.1 se prezintă numerele atomice pentru elementele chimice care se întâlnesc în mod curent în fonte.

Dacă, de exemplu,  $\%Si = 2,2$ ;  $\%a_{Si} = 7$ ;  $M_{SiO_2} = 28 + 2 \cdot 16 = 60$ ;  $M_{Si} = 28$ ;

$Q_{SiO_2 \text{ zg, primară}} = 2,2 \cdot \frac{7}{100} \cdot \frac{60}{28} = 0,33 \text{ kg de } SiO_2/100 \text{ kg de încărcătură metalică}$ ;

– pentru reacții chimice de tipurile (11.5), (11.7), (11.12), (11.13), (11.14)

Tabelul 11.1

**Masele atomice ale elementelor chimice ce se întâlnesc în mod curent în fonte.**

Elementul chimic	C	S	Si	Mn	Cr	Ni	P	Ti	Mo	Al	Mg	Cl
Masa atomică, în kg	12,01	32,07	28,09	54,94	52,00	58,69	30,97	47,88	95,94	26,98	24,30	35,45
Elementul chimic	W	Fe	Cu	O	N	H	Sn	Co	F	Ca	V	Bi
Masa atomică, în kg	183,80	55,85	63,55	16,00	14,01	1,01	118,70	58,93	19,00	40,08	50,94	209

și (11.15) relația (11.16).

$$Q_{E_x O_y \text{ zg, primară}} = \sum_{i=1}^n \langle \%E_i \rangle \cdot \frac{\%a_{E_i}}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{M_{E_i}}, \quad (11.16.1)$$

în care semnificații sunt cele prezentate la relația (11.16), luându-se în considerație particularitățile calculului elementelor chimice din încărcătură și proporțiile de elemente chimice care ard în timpul topirii în funcție de tipul cuptorului, respectiv care funcționează cu frecvență medie sau mare, un caz, și la frecvența rețelei, al doilea caz.

Relația (11.16.1) se aplică pentru toate elementele chimice care se oxidează (CO trece în atmosferă gazoasă).

**11.2. Proveniența zgurii din oxidarea unor elemente chimice în timpul tratamentelor metalurgice în stare lichidă**

În timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă și în timpul tratamentelor metalurgice ale băii metalice, o parte din elementele chimice din baia metalică și din materialele de corecție ce se introduc în baia metalică, se oxidează.

Reacțiile chimice de oxidare sunt de tipul celor prezentate la paragraful 11.1.

Cantitățile de oxizi  $E_x O_y$  ce trec în zgura finală, în timpul supraîncălzirii, din baia metalică, se determină cu relații diferite, în funcție de reacția chimică de oxidare, după cum urmează:

– pentru reacții chimice de tipurile 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.8, 11.9, 11.10 și 11.11, relația (11.17).

$$Q_{E_x O_y \text{ supraîncălzire}} = \sum_{i=1}^n [\%E_i]_t \cdot \frac{\%aE_{is}}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{M_{E_i}}, \quad (11.17)$$

în care,  $Q_{E_x O_y \text{ supraîncălzire}}$  reprezintă cantitatea de oxizi  $E_x O_y$  ce trec în zgura finală, în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $\%aE_{is}$  – proporția de element chimic  $E_i$  care arde în timpul supraîncălzirii fontei în stare lichidă – tabelul 6.1;  $[\%E_i]_t$  – proporția de element chimic  $E_i$  din baia metalică, după topire – cea calculată cu relația (4.4).

– pentru reacții chimice de tipurile 11.5, 11.7, 11.12, 11.13, 11.14 și 11.15, relația (11.18).

$$Q_{E_x O_y \text{ supraîncălzire}} = \sum_{i=1}^n [\%E_i]_t \cdot \frac{\%aE_{is}}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{2M_{E_i}}, \quad (11.18)$$

în care semnificațiile simbolurilor sunt cele din relațiile (11.16) și (11.17).

Relațiile (11.17) și (11.18) se aplică pentru toate elementele chimice care se utilizează (CO trece în atmosfera gazoasă).

Cantitățile de oxizi  $E_x O_y$  ce trec în zgura finală, în timpul tratamentelor metalurgice, din materialele de corecție, se determină cu relații diferite, în funcție de reacția chimică de oxidare, după cum urmează:

– pentru reacții chimice de tipurile 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.8, 11.9, 11.10 și 11.11, relația (11.19).

$$Q_{E_x O_y \text{ m.c.}} = \sum_{i=1}^m Q_{\text{m.c.}} \cdot \frac{\%aE_{i \text{ m.c.}}}{100} \cdot \frac{(100 - \eta_{E_i \text{ m.c.}})}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{M_{E_i}} \quad (11.19)$$

în care  $Q_{E_x O_y \text{ m.c.}}$  reprezintă cantitățile de oxizi  $E_x O_y$  ce trec în zgura finală, în timpul tratamentelor metalurgice, din materialele de corecție, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $\%E_{i \text{ m.c.}}$  – proporția de element chimic  $E_i$  din materialul de corecție;  $\eta_{E_i \text{ m.c.}}$  – randamentul de asimilare al elementului chimic  $E_i$  în baia metalică – din tabelul 6.10;

Relația (11.19) se aplică pentru toate elementele chimice, din materialele de corecție, care se oxidează (CO trece în atmosfera gazoasă).

De exemplu, dacă  $Q_{\text{m.c.}} = 3$  kg/100 kg de încărcătură metalică,  $\%E_{i \text{ m.c.}} = 60$ ;  $\eta_{E_i \text{ m.c.}} = 97$ ;  $M_{\text{SiO}_2} = 60$  kg;  $M_{\text{Si}} = 28$ ,  $Q_{\text{SiO}_2 \text{ m.c.}} = 3 \cdot \frac{60}{100} \cdot \frac{(100-97)}{100} \cdot \frac{60}{28} = 0,12$  kg de  $\text{SiO}_2$ /100 kg de încărcătură metalică.

– pentru reacțiile chimice de tipurile (11.5), (11.7), (11.12), (11.13), (11.14) și (11.15), relația (11.19.1).

$$Q_{E_x O_y \text{ m.c.}} = \sum_{i=1}^m Q_{\text{m.c.}} \cdot \frac{\%aE_{i \text{ m.c.}}}{100} \cdot \frac{(100 - \eta_{E_i \text{ m.c.}})}{100} \cdot \frac{M_{E_x O_y}}{2M_{E_i}} \quad (11.19.1)$$

în care simbolurile au semnificațiile prezentate la relația (11.19).

Se precizează, din nou, că monoxidul de carbon nu trece în zgură, ci în atmosferă gazoasă.

În cazul în care se face diluarea, după diluare, baia metalică se oxidează conform relațiilor (11.17) și (11.18).

Este de preferat ca pierderile prin oxidare de Mn, Si și Cr să se calculeze cu relația (6.6), deoarece intervine timpul de menținere a fontei în stare lichidă.

Cantitatea totală de zgură ce provine din oxidarea elementelor chimice, se determină cu relația (11.20).

$$Q_{zg,oxid.el.} = Q_{E_x O_y zg,primară} + Q_{E_x O_y supraîncălzire} + Q_{E_x O_y m.c.}, \quad (11.20)$$

în care  $Q_{zg,oxid.el.}$  reprezintă cantitatea totală de zgură ce provine din oxidarea elementelor chimice, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $Q_{E_x O_y zg,primară}$  se calculează cu relațiile (11.15) și (11.16);  $Q_{E_x O_y supraîncălzire}$  se calculează cu relațiile (11.17) și (11.18);  $Q_{E_x O_y m.c.}$  se calculează cu relația (11.19).

Cantitatea totală de zgură ce provine din oxidarea elementelor chimice, dintr-un cuptor, se determină cu relația (11.21).

$$Q_{zg,oxid.el.cuptor} = Q_{efectiv} \cdot \frac{Q_{zg,oxid.el.}}{100}, \quad (11.21)$$

în care  $Q_{zg,oxid.el.cuptor}$  reprezintă cantitatea totală de zgură ce provine din oxidarea elementelor chimice, dintr-un cuptor, în kg/cuptor;  $Q_{efectiv}$  – capacitatea efectivă a cuptorului, în kg;  $Q_{zg,oxid.el.}$  – din relația (11.20).

### **11.3. Proveniența zgurii din nisipul sinterizat pe suprafața deșeurilor proprii**

Se consideră că dacă se utilizează în încărcătură deșeuri proprii, acestea aduc nisip în următoarele proporții:

– 5 kg nisip/tona de încărcătură metalică, dacă încărcătura metalică este formată exclusiv din deșeuri proprii – 0,5 kg nisip/100 kg de încărcătură metalică;

– 3,5 kg nisip/tona de încărcătură dacă încărcătura metalică este formată din 30% fontă lichidă remanentă și 70% deșeuri proprii – 0,35 kg nisip/100 kg de încărcătură metalică;

– fracțiuni corespunzătoare față de cantitățile menționate anterior.

În cazul în care se admite că nisipul sinterizat este de natură cuarțoasă, compoziția chimică a acestuia este următoarea: 85%  $SiO_2$  și 15%  $Al_2O_3$ .

Cantitatea de oxizi  $E_x O_y$  ce trece din nisipul cuarțos sinterizat în zgura primară, se determină cu relațiile (11.22) și (11.23).

$$Q_{SiO_2 nisip sint.} = Q_{nisip sint.} \cdot \frac{85}{100}, \quad (11.22)$$

în care,  $Q_{SiO_2 nisip sint.}$  reprezintă cantitatea de  $SiO_2$  ce trece în zgura primară din

nisipul sinterizat, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $Q_{\text{nisip sint.}}$  – cantitatea de nisip sinterizat ce trece în zgura primară, în kg/100 kg de încărcătură metalică – cea considerată anterior.

De exemplu, dacă  $Q_{\text{nisip sint.}} = 3$  kg nisip/100 kg de încărcătură metalică,  
 $Q_{\text{SiO}_2 \text{ nisip sint.}} = 3 \cdot \frac{85}{100} = 2,55$  kg  $\text{SiO}_2$ /100 kg de încărcătură metalică.

$$Q_{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ nisip sint.}} = Q_{\text{nisip sint.}} \cdot \frac{15}{100}, \quad (11.23)$$

în care  $Q_{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ nisip sint.}}$  reprezintă cantitatea de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  din nisipul sinterizat ce trece în zgura primară, în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea totală de zgură primară ce provine din nisipul sinterizat se determină cu relația (11.24).

$$Q_{\text{zg.nisip sint.}} = Q_{\text{SiO}_2 \text{ nisip sint.}} + Q_{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ nisip sint.}} \quad (11.24)$$

În care  $Q_{\text{zg.nisip sint.}}$  reprezintă cantitatea totală de zgură primară ce provine din nisipul sinterizat, în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea totală de zgură primară ce provine din nisipul sinterizat, într-un cuptor –  $Q_{\text{zg.nisip sint.cuptor}}$  –, în kg/cuptor, se determină cu relația (11.25).

$$Q_{\text{zg.nisip sint.cuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{\text{zg.nisip sint.}}}{100}, \quad (11.25)$$

$Q_{\text{efectiv}}$  exprimându-se în kg iar  $Q_{\text{zg.nisip sint.}}$  în kg/100 kg de încărcătură metalică.

#### **11.4. Proveniența zgurii din căptușeala refractară**

În general, se consideră un consum de căptușeală refractară granulară de 1,5...3,0 kg/t de încărcătură metalică, adică 0,15...0,30 kg/100 kg de încărcătură metalică (limita minimă corespunde elaborării în cuptoare ce funcționează la frecvența medie sau mare iar limita maximă corespunde elaborării în cuptoare ce funcționează la frecvența rețelei – din cauza brasajului puternic).

În tabelul 11.2 se prezintă compoziția chimică a unor cuarțite de proveniență România și alte țări, alături de unele caracteristici ale acestora.

Tabelul 11.2

#### **Compoziția chimică a unor cuarțite de proveniență România și alte țări, alături de unele caracteristici ale acestora**

Caracteristici	Cuarțite românești				Cuarțite străine			
	Piatra Râioasă	Orșova (Vîrciorova)	Hațeg	Mănăstireni	Suedia	Germania	Elveția	
Compoziția chimică, în %*	$\text{SiO}_2$	97,8	99,3	99,7	98...99	99,02	98,7	98,5
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,12...0,7	0,24	0,02	0,2...0,4	0,38	0,7	1
	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,12...0,5	0,15	0,15	0,06...0,08	0,21	–	0,03
	Alcalii ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )	0,14	0,04	0,2	0,07...0,2	0,09	–	–
	MgO	–	0,07	0,2	0,06...0,16	0,08	–	–
	CaO	0,18	–	–	0,09...0,14	0,06	–	–
	Pierderi prin	0,5	0,27	0,18	0,2...0,3	0,13	–	–

	calcinare (PC)							
Refractaritatea, în °C		1730	1730	1730	1730	–	–	–
Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup>		2,64	2,64	2,64	–	–	–	–
Densitatea (crud), g/cm <sup>3</sup>		2,64...2,68	2,66	2,64	–	–	–	–
Dilatarea, în % la	600°C	+1,3	+1,1	+1,2	–	–	–	–
	1200°C	+1,9	+1,4	+1,7	–	–	–	–
Granulația la folosire, în %	<0,06mm	10	–	–	10...13	–	–	+16
	0,06-1 mm	40	–	–	35...41	–	–	57
	1-3 mm	50	–	–	39...46	–	–	27

\* conținutul informativ de H<sub>2</sub>O este de max. 0,3%

În cazul când în compoziția chimică a cuarțitei nu se specifică proporțiile de Na<sub>2</sub>O și K<sub>2</sub>O, se consideră că acestea sunt egale între ele.

Căptușeala refractară granulară se consumă prin erodare mecanică și pe cale chimică.

Cantitatea de oxizi E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> ce trec din căptușeala refractară în zgură se determină cu relația (11.26).

$$Q_{E_xO_y\text{căptuș.}} = \sum Q_{\text{căptuș.}} \cdot \frac{\%E_xO_y\text{căptuș.}}{100}, \quad (11.26)$$

în care  $Q_{E_xO_y\text{căptuș.}}$  reprezintă cantitatea de oxizi E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> ce trec din căptușeala refractară în zgură, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $\%E_xO_y\text{căptuș.}$  – proporția de oxizi E<sub>x</sub>O<sub>y</sub> din compoziția chimică a căptușelii (după caz SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO, H<sub>2</sub>O).

Relația (11.26) se aplică pentru toți oxizii componenți ai cuarțitei.

H<sub>2</sub>O din cuarțită trece în atmosfera gazoasă.

De exemplu, dacă  $Q_{\text{căptuș.}} = 0,3$  kh/100 kg de încărcătură metalică;  $\%SiO_2\text{căptuș.} = 98$ ;  $Q_{SiO_2\text{căptuș.}} = 0,3 \cdot \frac{98}{100} = 0,29$  kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea totală de căptușeală refractară granulară care trece în zgură, într-un cuptor, se determină cu relația (11.27).

$$Q_{E_xO_y\text{căptuș.}}\text{cuptor} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{E_xO_y\text{căptuș.}}}{100}, \quad (11.27)$$

în care  $Q_{E_xO_y\text{căptuș.}}\text{cuptor}$  reprezintă cantitatea totală de căptușeală refractară granulară care trece în zgură, într-un cuptor, în kg de căptușeală refractară/cuptor;  $Q_{\text{efectiv}}$ , în kg.

### **11.5. Proveniența zgurii din interacțiunea chimică și mecanică, dintre**

### materialele de adaos și fonta lichidă

În acest caz, este vorba despre materialele de adaos care au ca scop desulfurarea, demanganizarea, defosforarea etc.

În practică se lucrează cu adaosuri ce depășesc cantitățile ce rezultă din calculele stoechiometrice, avându-se în vedere că reacțiile chimice dintre materialele de adaos și fonta lichidă nu se desfășoară până la echilibru.

Calcululele zgurificării, apelând la raționamente stoechiometrice sunt dificile din cauză că la un proces participă mai multe reacții chimice, în general necunoscându-se cota de participare a fiecărei reacții chimice. De exemplu, în cazul desulfurării cu carbid, sunt posibile să se desfășoare reacțiile chimice (6.32), (6.34), (6.35), (6.36), (6.37) etc.

Se prezintă în continuare calculul zgurii în urma desulfurării fontei cu carbid.

Carbidul care se utilizează pentru desulfurarea fontei conține 65...85%  $\text{CaC}_2$  și 10...30%  $\text{CaO}$ , recomandându-se carbidul de compoziție eutectică – 80%  $\text{CaC}_2$  și 15%  $\text{CaO}$ , granulația optimă fiind de 0,3...1,0 mm.

Cantitatea de carbid necesară pentru eliminarea a  $\Delta S$  procente de sulf din fonta lichidă, se determină cu relația (11.28).

$$Q_{\text{carbid}} = \frac{\Delta S - 0,83 \cdot [\%S_i] + 0,0722}{0,0036} \cdot \frac{100}{\% \text{CaC}_2_{\text{carbid}}}, \quad (11.28)$$

în care  $Q_{\text{carbid}}$  reprezintă cantitatea de carbid necesară desulfurării;  $\Delta S$  – proporția de sulf ce trebuie eliminată din fontă;  $[\%S_i]$  – proporția de sulf din fonta lichidă, înainte de desulfurare;  $\% \text{CaC}_2_{\text{carbid}}$  – proporția de  $\text{CaC}_2$  din carbid.

$Q_{\text{carbid}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

$$\Delta S = [\%S_i] - [\%S], \quad (11.29)$$

în care  $[\%S]$  reprezintă proporția de sulf din fonta propusă a fi elaborată.

De exemplu, dacă  $[\%S_i] = 0,1$ ;  $\Delta S = 0,1 - 0,06 = 0,04$ ;  $\% \text{CaC}_2_{\text{carbid}} = 85$ ;

$$Q_{\text{carbid}} = \frac{0,04 - 0,83 \cdot 0,1 + 0,0722}{0,0036} \cdot \frac{100}{85} = 9,41 \text{ kg/100 kg încărcătură.}$$

Cantitatea de  $\text{CaC}_2$  necesară desulfurării se determină cu relația (11.29).

$$Q_{\text{CaC}_2} = \frac{\Delta S - 0,83[\%S_i] + 0,0722}{0,0036}, \quad (11.29)$$

în care  $Q_{\text{CaC}_2}$  reprezintă cantitatea de  $\text{CaC}_2$  necesară desulfurării, în kg/t de încărcătură metalică. La modul general, consumul de  $\text{CaC}_2$  variază între limitele 0,8...2,2 kg/100 kg de încărcătură metalică.

Pentru a facilita calculul cantității de  $\text{CaS}$  ce se află în zgură, se apelează la reacția chimică (11.30) ce reprezintă o formă simplificată a procesului de desulfurare cu  $\text{CaC}_2$ .





Cantitatea de CaS ce se obține în zgură se determină cu relația (11.31).

$$Q_{\text{CaS}} = Q_{\text{CaC}_2} \cdot \frac{M_{\text{CaS}}}{M_{\text{CaC}_2}}, \quad (11.31)$$

în care  $Q_{\text{CaS}}$  reprezintă cantitatea de CaS ce se obține în zgură, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $Q_{\text{CaC}_2}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $M_{\text{CaS}}$  – masa moleculară a CaS, în kg;  $M_{\text{CaC}_2}$  – masa moleculară a  $\text{CaC}_2$ , în kg.

Cantitatea de CaO ce trece în zgură din carbid se determină cu relația (11.32).

$$Q_{\text{CaO}_{\text{carbid}}} = Q_{\text{carbid}} \cdot \frac{\% \text{CaO}_{\text{carbid}}}{100}, \quad (11.32)$$

în care  $Q_{\text{CaO}_{\text{carbid}}}$  reprezintă cantitatea de CaO ce trece în zgură din carbid, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $\text{CaO}_{\text{carbid}}$  – proporția de CaO din carbid.  $Q_{\text{carbid}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea de zgură ce se obține în urma desulfurării cu carbid se determină cu relația (11.33).

$$Q_{\text{zgură carbid}} = Q_{\text{CaS}} + Q_{\text{CaO}_{\text{carbid}}} \quad (11.33)$$

în care  $Q_{\text{zgură carbid}}$  reprezintă cantitatea de zgură ce se obține în urma desulfurării fontei cu carbid, în kg/100 kg de încărcătură.

Cantitatea de zgură ce se obține în urma desulfurării fontei cu carbid, într-un cuptor –  $Q_{\text{zgură carbid}_{\text{cuptor}}}$  –, în kg/cuptor, se determină cu relația (11.34).

$$Q_{\text{zgură carbid}_{\text{cuptor}}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{\text{zgură carbid}}}{100}, \quad (11.34)$$

în care  $Q_{\text{zgură carbid}}$ , se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Dacă demanganizarea se face prin insuflare de  $\text{CCl}_4$  cu azot, prin intermediul lăncilor, consumul de  $\text{CCl}_4$  este de 5...20 kg/t de fontă lichidă, adică 0,5...2 kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea de  $\text{MnCl}_2$  care trece în zgură –  $Q_{\text{MnCl}_2 \text{ zgură}}$  –, în kg/100 kg de încărcătură metalică, se determină cu relația (11.35).

$$Q_{\text{MnCl}_2 \text{ zgură}} = Q_{\text{CCl}_4} \cdot \frac{M_{\text{MnCl}_2}}{M_{\text{CCl}_4}}, \quad (11.35)$$

în care  $Q_{\text{CCl}_4}$  reprezintă cantitatea de clorură de carbon, în kg/100 kg de încărcătură metalică;  $M_{\text{MnCl}_2}$  și  $M_{\text{CCl}_4}$  – masa moleculară a  $\text{MnCl}_2$ , respectiv  $\text{CCl}_4$ .

Dacă defosforarea se face prin insuflare de oxigen, se calculează cantitatea de  $\text{P}_2\text{O}_5$  stoichiometric. Cantitatea de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ce trece în zgură –  $Q_{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ zgură}}$  –, în

kg/100 kg de încărcătură, se determină cu relația (11.36).

$$Q_{P_2O_5 \text{ zgură}} = \%P_{\text{eliminat}} \cdot \frac{M_{P_2O_5}}{2M_P} \quad (11.36)$$

în care  $M_{P_2O_5}$  și  $2M_P$  reprezintă masele moleculare ale  $P_2O_5$ , respectiv P.

Dacă prin insuflare de oxigen se oxidează și  $\%Si_{\text{eliminat}}$ ,  $\%Mn_{\text{eliminat}}$  și  $\%C_{\text{eliminat}}$ , cantitățile de SiO și MnO ce trec în zgură și de CO care trece în atmosfera gazoasă –  $Q_{SiO_2 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{MnO \text{ zgură}}$  și  $Q_{CO \text{ atm.gaz.}}$  –, în kg/100 kg de încărcătură metalică, se determină cu relațiile (11.37), (11.38) și (11.39).

$$Q_{SiO_2 \text{ zgură}} = \%Si_{\text{eliminat}} \cdot \frac{M_{SiO_2}}{M_{Si}}, \quad (11.37)$$

$$Q_{MnO \text{ zgură}} = \%Mn_{\text{eliminat}} \cdot \frac{M_{MnO}}{2M_{Mn}} \quad (11.38)$$

$$Q_{CaO \text{ atm.gaz.}} = \%C_{\text{eliminat}} \cdot \frac{M_{CO}}{2M_C} \quad (11.39)$$

în care  $\%Mn_{\text{eliminat}}$ ,  $\%Si_{\text{eliminat}}$  și  $\%C_{\text{eliminat}}$  reprezintă proporțiile de Mn, Si și C ce se elimină din baia metalică prin oxidare cu oxigen insuflat în baia metalică prin intermediul lăncilor;  $M_{MnO}$ ,  $M_{Mn}$ ,  $M_{CO}$ ,  $M_C$ ,  $M_{SiO_2}$  și  $M_{Si}$  – masele moleculare ale MnO, CO și SiO<sub>2</sub> și masele atomice ale Mn, C și Si.

Cantitățile de MnCl<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>, MnO ce trec în zgură și de CO ce trece în atmosfera gazoasă, într-un cuptor, exprimate în kg/cuptor, se determină cu relațiile (11.40), (11.41), (11.42), (1.43) și (11.44).

$$Q_{MnCl_2 \text{ cuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{MnCl_2 \text{ zgură}}}{100}, \quad (11.40)$$

$$Q_{P_2O_5 \text{ zgurăcuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{P_2O_5 \text{ zgură}}}{100}, \quad (11.41)$$

$$Q_{SiO_2 \text{ zgurăcuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{SiO_2 \text{ zgură}}}{100}, \quad (11.42)$$

$$Q_{MnO \text{ zgurăcuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{MnO \text{ zgură}}}{100}, \quad (11.43)$$

$$Q_{CO \text{ atm.gaz.} \text{cuptor}} = Q_{\text{efectiv}} \cdot \frac{Q_{CO \text{ atm.gaz.}}}{100}, \quad (11.44)$$

în care  $Q_{\text{efectiv}}$  se exprimă în kg;  $Q_{MnCl_2 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{SiO_2 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{P_2O_5 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{MnO \text{ zgură}}$  și  $Q_{CO \text{ atm.gaz.}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea de zgură, exprimată în kg zgură/100 kg de încărcătură metalică –  $Q_{\text{zgură}}$  – se determină cu relația (11.45).

$$Q_{\text{zgură}} = Q_{\text{zg.oxid.el.}} + Q_{\text{zg.nisip.sint.}} + Q_{\text{ExO}_y \text{căpt.}} + Q_{\text{zgură carbid}} + Q_{\text{alți oxizi}} \quad (11.45)$$

în care  $Q_{\text{alți oxizi}}$  reprezintă cantitatea de zgură rezultată în urma unor tratamente metalurgice –  $Q_{MnCl_2 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{P_2O_5 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{SiO_2 \text{ zgură}}$ ,  $Q_{MnO \text{ zgură}}$  etc.

Dacă desulfurarea se realizează cu cianamidă de calciu, necesarul de cianamidă de calciu se calculează stoechiometric, la cantitatea rezultată prin calcul stoechiometric adăugându-se o cantitate de 10...15%.  $Q_{\text{zgură carbid}}$  se transformă în  $Q_{\text{zgură cianam.}}$ .

Cantitatea de zgură, exprimată în kg zgură/cuptor –  $Q_{\text{zgurăcuptor}}$  – se determină cu relația (11.46).

$$Q_{\text{zgură}_{\text{cuptor}}} = Q_{\text{efectiv}} \frac{Q_{\text{zgură}}}{100}. \quad (11.46)$$

### 11.6. Alte surse de proveniență ale zgurii – rugina

Dacă sorturile metalice sunt ruginite – rugina se poate accepta ca fiind  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , într-o primă aproximație – se apreciază că acestea conțin 0,025...0,4% FeO.

Cantitatea de FeO ce trece din rugină în zgura primară se calculează cu relația (11.46.1) în cazul în care elaborarea se face în cuptorul ce funcționează la frecvența rețelei –  $Q_{\text{FeO rugină f.r.}}$ , în care  $Q_{\text{FeO rugină f.r.}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică și cu relația (11.46.2) în cazul în care elaborarea se face în cuptoare ce funcționează la frecvență medie sau mare –  $Q_{\text{FeO rugină f.m.m.}}$ , în care  $Q_{\text{FeO rugină f.m.m.}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

$$Q_{\text{FeO rugină f.r.}} = 0,7 (0,025...0,4) \quad (11.46.1)$$

$$Q_{\text{FeO rugină f.m.m.}} = (0,025...0,4) \quad (11.46.2)$$

Compoziția chimică a zgurii finale și cantitatea de zgură se determină cu tabelul 11.3.

Tabelul 11.3

#### Compoziția chimică a zgurii finale

Componentul zgurii	Proveniența							Total	
	Oxidarea elementelor cu oxigenul din atmosfera gazoasă și FeO din baia metalică	Nisip sinterizat	Rugina de pe suprafața sorturilor metalice	Căptușeala refractară	Desulfurare cu carbid	Alte tratamente metalurgice	Din nisipul cuarțos	kg/100 de încărcătură metalică	%
SiO <sub>2</sub>	o**	o		o			o		
MnO	o								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	o								
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	o								
NiO	o								
WO <sub>2</sub>	o								
MoO <sub>2</sub>	o								
CoO	o								
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	o								
Cu <sub>2</sub> O	o								
MgO	o			o			o		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	o	o		o					
TiO <sub>2</sub>	o			o					
SnO	o								
FeO	o		o	o					
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
CaO				o	o		o		
Na <sub>2</sub> O				o			o		

K <sub>2</sub> O				o			o		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				o			o		
CaS					o				
MnCl <sub>2</sub>						o			
Alți compuși chimici							o		
Total general								*	100

\* – trebuie să coincidă cu Q<sub>Zgură</sub> din relația (11.45)

\*\* – o – sursă de proveniență posibilă

SiO<sub>2</sub> – este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19), (11.22), (11.26), (11.42), (11.49) etc.

MnO este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19), (11.43) etc.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1), (11.41) etc.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1) etc.

NiO este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19) etc.

WO<sub>2</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19) etc.

MoO<sub>2</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19) etc.

CoO este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19) etc.

V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1) etc.

Cu<sub>2</sub>O este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1) etc.

MgO este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1), (11.49) etc.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1), (11.23), (11.26) etc.

TiO<sub>2</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19), (11.26) etc.

SnO este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19) etc.

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.16), (11.18), (11.19.1) etc.

FeO este posibil să rezulte din relațiile (11.15), (11.17), (11.19), (11.46.1), (11.46.2) etc.

CaO este posibil să rezulte din relațiile (11.26), (11.32), (11.49) etc.

Na<sub>2</sub>O este posibil să rezulte din relațiile (11.26) etc.

K<sub>2</sub>O este posibil să rezulte din relațiile (11.26) etc.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.26), (11.49) etc.

CaS este posibil să rezulte din relațiile (11.31) etc.

MnCl<sub>2</sub> este posibil să rezulte din relațiile (11.35) etc.

În cazul în care cantitatea de zgură nu se încadrează între limitele 1...3 kg/100 kg de încărcătură metalică, se introduce în încărcătura cuptorului, de exemplu, nisip cuarțos (se pot introduce, de exemplu, și deșeuri de sticlă).

În tabelul (11.4) se prezintă compoziția chimică a nisipului cuarțos.

Tabelul 11.4

**Compoziția chimică a nisipului cuarțos, conform STAS 5609-73 și [54].**

Clasa	Denumirea	Compoziția chimică, în %					
		SiO <sub>2</sub> , min.	CaO+ MgO, max.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , max.	Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O, max.	Sulfuri, max.	H <sub>2</sub> O, max.
N01	Cuarțos I	97,5	0,5	0,5	0,3	–	0,5
N02	Cuarțos II	97,5	0,5	0,5	0,3	–	0,5
N03	Cuarțos I	97,5	0,5	0,5	0,3	–	0,5
N05	Cuarțos II	97,0	0,5	0,5	0,3	–	0,5
N1,5	Cuarțos III	95,0	1,0	0,5	0,5	0,025	0,5

Nota 1: În cazul în care nu sunt specificate proporțiile de CaO, MgO și, respectiv, de Na<sub>2</sub>O și K<sub>2</sub>O, în calcule se consideră proporția acestora ca fiind 50% din proporția celor doi oxizi asociați.

Nota 2: În calcule, se neglijează conținutul de sulfuri.

În cazul în care este îndeplinită inegalitatea (11.47), cantitatea de nisip cuarțos ce trebuie introdusă în încărcătura cuptorului –  $Q_{\text{nisip cuarțos}}$  –, exprimată în kg/100 kg de încărcătură metalică, se determină cu relația (11.48).

$$Q_{\text{zgură}} < 1, \quad (11.47)$$

$Q_{\text{zgură}}$  fiind calculat cu relația (11.45).

$$Q_{\text{nisip cuarțos}} = \frac{100(2 - Q_{\text{zgură}})}{\%SiO_2 + \%CaO + \%MgO + \%Fe_2O_3 + \%Na_2O + \%K_2O + H_2O} \quad (11.48)$$

în care 2 reprezintă media aritmetică dintre 1 și 3 kg de zgură/100 kg de încărcătură metalică;  $\%SiO_2 + \%CaO + \%MgO + \%Fe_2O_3 + \%Na_2O + \%K_2O + H_2O$  reprezintă proporțiile oxizilor respectivi din compoziția chimică a nisipului cuarțos.  $Q_{\text{nisip cuarțos}}$  și  $Q_{\text{zgură}}$  se exprimă în kg/100 kg de încărcătură metalică.

Cantitatea de oxizi  $E_xO_y$  care trec din nisipul cuarțos, –  $Q_{E_xO_y \text{ nisip cuarț.}}$  –, în kg/100 kg de încărcătură metalică, în zgură se determină cu relația (11.49).

$$Q_{E_xO_y \text{ nisip cuarț.}} = \sum Q_{\text{nisip cuarțos}} \frac{E_xO_y \text{ nisip cuarțos}}{100} \quad (11.49)$$

Apa din nisipul cuarțos trece în atmosferă gazoasă.