

CHAPITRE VI:
CALCUL DE LIT DE FUSION

CALCUL DE CHARGE

EXEMPLES :

I- LES FONTES

A) FONTE GRAPHITE SPHEROIDAL

Pour élaborer au four à induction une fonte G.S. à matrice ferritique, on utilise un lit de fusion composée de :

45 % de retours de fonte GS d'analyse chimique élémentaire :

3,8% de C

3,25%Si

0,3%Mn

0,007 %S

0,05%P

52% de paquets de tôles d'acier extra-doux Thomas laminé à

0,05% C

0,10%Mn

0,10%Si

005%P

003%S

2,5% de graphite pur exempt de soufre et phosphore

0,5% de ferro-silicium à 65% de Si pour désoxyder le bain, car la charge comporte de la rouille, calamine (Fe₂O₃ et FeO) qu'il faut éliminer.

Le creuset n'est le siège que des réactions de désoxydation. Il y a une perte de 10% de carbone par oxydation en monoxyde de carbone CO qui passe dans l'atmosphère.

- **1** Déterminer le lit de fusion pour une charge de 2 tonnes.
- **2** Calculer l'analyse élémentaire de la fonte grise obtenue juste avant coulée dans la poche.
- **3** Combien de ferro-silicium à 75% de Si et 6 % de Mg faut il ajouter dans la poche pour obtenir une fonte à graphite sphéroïdal (GS) à matrice ferritique et à 3% de silicium ?

SOLUTION

• Pour un lit de fusion de **100kg**, il faut prendre :

45% de retours de fonte GS au parc à ferrailles

52% de paquets de tôles d'acier extra-doux au parc à ferrailles

2,5% de graphite pur

0,5% de ferro-silicium à 65%

Donc un lit de fusion de 2 tonnes de charge comprendra **20 fois** plus :

900kg de retours de fonte GS

1040kg de tôles d'acier extra-doux

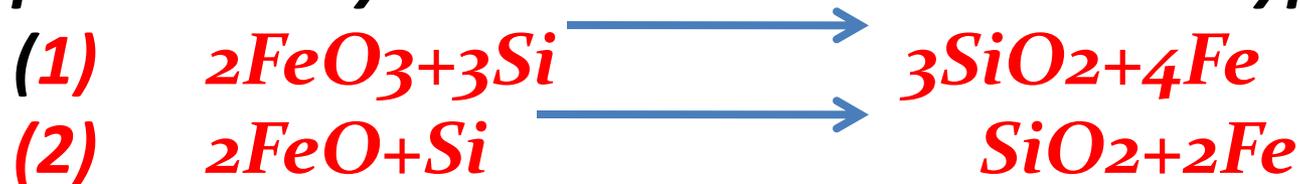
50kg de graphite

10kg de ferro-silicium

Partons d'un lit de fusion de **100kg**. il se répartit comme suit :

	C%	Si%	Mn%	S%	P%	Reste=Fer
45 de fonte GS	3,8	3,25	0,30	0,007	0,05	92,59
52% d'acier extra-doux	0,05	0,10	0,10	0,03	0,05	99,67
2,5% de graphite	100	0	0	0	0	0
0,5% de ferro-silicium	0	65	0	0	0	35

Le silicium du ferro-silicium (FeSi) est totalement utilisé pour désoxyder le bain des réaction de type (1) et (2)



la silice ainsi formée monte à la surface du bain et sera agglomérée avec le « SLAX » pour être évacuée.

Calculons les qualités de C,Si,Mn,S,P qui passent dans le bain en fusion.

Quantité de carbone

$$\frac{45 \times 3,80}{100} + \frac{52 \times 0,05}{100} + 2,5 = 4,236$$

Mais **10%** du C sont perdus par réaction de combustion selon **C+O=CO**

L'oxyde de carbone ainsi formé s'échappe dans l'atmosphère. Il reste donc dans le bain :

$$4,236 - 0,423 = 3,813$$

Quantité de Silicium

$$\frac{45 \times 3,25}{100} + \frac{52 \times 0,10}{100} = 1,514 \text{ kg}$$

Quantité de Manganèse $\frac{45 \times 0,3}{100} + \frac{52 \times 0,1}{100} = 0,187$

Quantité de Soufre $\frac{45 \times 0,007}{100} + \frac{52 \times 0,03}{100} = 0,00315 + 0,0156 = 0,01875kg$

Quantité de Phosphore $\frac{45 \times 0,05}{100} + \frac{52 \times 0,05}{100} = \frac{97 \times 0,05}{100} = 0,485kg$

Quantité de Fer $\frac{45 \times 92,59}{100} + \frac{52 \times 99,67}{100} + 0,5 \frac{35}{100} = 9365kg$

Soit au total un bain constitué par :

<u>Fe</u>	<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>S</u>	<u>P</u>
93,65 kg	3,81kg	1,51kg	0,19kg	0,019kg	0,048kg

Soit un total Fe+C+Si+Mn+S+P= 99,227kg

Résultat qu'il faut rapporter à **100kg de mase totale pour avoir l'analyse élémentaires de la fonte.**

Ainsi pour le fer on a :
$$\frac{93,65 \times 100}{99,23} = 94,37\text{kg}$$

On obtient :

Fe	C	Si	Mn	S	P	TOTAL
94,37%	3,84%	1,52%	0,19%	0,019%	0,05%	99,989% \cong 100%

• Il faut monter le Si% de **1,525 %** à **3%** soit rattraper une différence de **1,475% de Si** par addition de ferro à 75%

il faut donc
$$\frac{1475 \times 100}{75} = 1,967 \text{kg}$$

un bain de **99,23kg** provenant de **100kg** de charge au départ, il faut **1,952kg** de ferro-silicium pour un lit de fusion de 2 tonnes, il faut **20 fois** plus soit :

39,04kg de ferro-silicium à 75%

B) : FONTES MALLÉABLES :

Le même lit de fonte blanche hypoeutectique sert à l'élaboration des fontes malléables type:

MN35-10 et MP 60-3.

La différence de structure du cœur, soit ferritique noir, soit perlitique, provient seulement du traitement thermique opéré par la suite sur la pièce en fonte blanche hypoeutectique.

L'obtention par solidification d'une fonte blanche nécessite peu de carbone et de silicium (éléments graphitisants).

- **a) Dans le four on verse environ**
 - 1,5%** de graphite sans soufre
 - 1%** de ferro-silicium à 65% de Si
 - 11%** de tôles d'acier doux en vrac
 - 42%** de tôles d'acier extra-doux paquets
 - 44%** de retours de fonte malléable

C%	Si%	Mn%
100	0	0
0	65	0
0,10	0,10	0,40
0,08	0,05	0,34
2,50	1,40	0,30

• ***b)*** ***Après fusion et coulée on ajoute dans la poche environ :***

0,01% de bismuth pur

0,01% de ferro-bore

0,10% de ferro-titane

0,50% de slax

Quelques petits morceaux d'aluminium.

La poche est alors décrassée superficiellement.

Remarque : ***Le bismuth, le ferro-bore et l'aluminium sont des agents inoculant qui serviront à aider la graphitisation lors du recuit de la fonte blanche appelé « récuil de malléabilisation »***

- **c) L'analyse visée de la fonte hypoeutectique pour malléabilisation est la suivante :**

C%	Si %	Mn %	S %	P %
2,45 à 2,55	1,35 à 1,45	0,30	≤ 0,04	≤ 0,04

C) : FONTE GRISE

Type Ft24:

• **a) Dans le four on verse :**

2,5% de graphite industriel

1% de ferro-silicium

0,5 à 1% de ferro-manganèse à 76%

17 % de tôle d'acier doux en vrac

42% de tôles d'acier doux en paquets

36% de retours de fonte grise Ft24

C%	Si%	Mn%
100	0	0
0	65	0
0	0	76
0,10	0,10	0,50
0,08	0,05	0,40
3,25	2,25	0,75

- b) Après fusion le bain de fonte est coulé en poche.**
- c) Puis la poche est inoculée en y versant :**
Soit **1%** de ferro-silicium
Soit un mélange de :
0,5-0,7% de Fe-Si à 75%
0,5-0,7% de Fe-Si -Ba
- **Puis la poche est décrassée en y jetant 0,5% de slax et en écrémant.**
- d) L'analyse visée de la fonte à obtenir est :**

C %	Si %	Mn %	S %	P %
3,20 à 3,30	2,15 à 2,35	0,70 à 0,80	≤ 0,05	≤ 0,05

D : FONTE À GRAPHITE SPHÉROÏDAL À MATRICE FERRITIQUE:

Type FGS 400-12

- **a) Dans le four on verse environ**
 - 0,5% de ferro-silicium à 65% Si**
 - 2,5% de graphite exempt de soufre**
 - 50% de tôle d'acier extra- doux en paquets**
 - 43% de retours de fonte GS ferritique**

Remarque

La charge ne contient pas de cuivre, ni d'étain qui sont des agents de perlitisation de la matrice. On prend garde à ce que les tôles et retours refondus soient bien exempt de cuivre.

C %	Si %	Mn %	Mg %
0	65	0	0
100	0	0	0
0,08	0,05	0,40	0
3,80	3,10	0,20	0,03

b) Après fusion on verse le bain dans une poche de coulée contenant au fond un sandwich

1 à 2% de ferro-Si-Mg-Ca-Ce

Si %	Mg %	Ca %	Ce %	Fe %
47,5	5 à 6	3	0,3	reste

0,5% à 1% de ferro-Si-Ba-Al-Ca appelé « INOBAR »

Si %	Ba %	Al %	Ca %	Fe %
60-65	9-10	0,5 à 0,8	1	reste

0,5% de ferro-silicium à 65% de Si

Si %	Fe %
65	reste

c) Dans le moule on ajoute parfois des morceaux de ferro-SiCa Al Mg Ce

Si %	Ca %	Al %	Mg %	Ce %
75	1,4	4,4	0,3	0,07

d) L'analyse visée de la fonte GS à matrice ferritique est la suivante :

C%	Si %	Mn %	S %	P %
3,65 à 3,750	3,10 à 3,20	≤ 0,20	≤ 0,013	≤ 0,02

E) FONTE À GRAPHITE SPHÉROÏDAL À MATRICE FERRO-PERLITIQUE:

a) Dans le four on verse environ :

0,3% de cuivre en morceau

0,5% de ferro-silicium à 65% de Si

2,5% de graphite sans soufre

50% de paquets d'acier doux

45% de retours de fonte FGS 500-7

C%	Si%	Mn%	Cu %	Mg %
0	0	0	100	0
0	65	0	0	0
100	0	0	0	0
0,08	0,05	0,40	0	0
3,80	3,10	0,2	0,05	0,03

b) Après fusion on verse le bain dans une poche de coulée contenant au fond un sandwich formé de :

1 à 2% de ferro-Si Mg Ca Ce

Si %	Mg %	Ca %	Ce %
47,5	5 à 6	3	0,3

0,5 % à 1% de ferro-Si Ba Al « INOBAR »

Si %	Mg %	Al %	Ca %
60-65	9 à 10	0,5-0,8	1

0,5% de ferro-silicium à 75% Si

Si %
75

La poche est alors décrassée superficiellement en y jetant 0,5% de Slax et en écrémant.

c) L'analyse visée de la fonte GS ferrito-perlitique est la suivante :

C%	Si %	Mn %	Cu %	S %	
3,75 à 3,85	3,10 à 3,20	≤ 0,30	0,50	< 0,015	< 0,02

F) FONTE À GRAPHITE SPHÉROÏDAL À MATRICE PERLITIQUE:

Type FGS 700-2

a) Dans le four on verse environ :

1% de cuivre en morceau

0,5% de ferro-silicium 65% de Si

2,5% de graphite sans soufre

8% de tôles d'acier doux en vrac

41% de tôle d'acier extra-doux en paquets

45% de retour de fonte GS perlitique

C%	Si%	Mn%	Cu %	Mg %
0	0	0	100	0
0	0	0	03	0
0	65	0	0	0
100	0	0	0	0
0,10	0,10	0,40	0	0
0,08	0,05	0,40	0	0
3,70	2,65	0,25	0,5	0,03

b) Après fusion on verse le bain dans une poche contenant un mélange formé de :

1 à 2 % de ferro-Si Mg Ca Ce

Si %	Mg %	Ca %	Ce %
47,5	5 à 6	3	0,3

0,5 à 1% de ferro-Si à 75%

Si %	Mg %	Ca %	Ce %
75	0	0	0

c) La poche est alors décrassée superficiellement en y jetant 0,5% de Slax puis en écrémant.

d) On opère enfin une addition finale de 0,05% d'étain pur pour parfaire la perlitisation incomplète avec 0,3% de cuivre

e) Dans le moule on ajoute parfois des morceaux de ferro-Si Ca Mg Ce d'analyse suivante :

Si %	Ca %	Al %	Mg %	Ce %
75	1,4	4,4	0,3	0,07

L'analyse visée de la fonte GS matrice perlitique est la suivante :

C%	Si %	Mn %	S %	P %	Cu %	Sn %
3,75 à 3,80	1,20 à 1,30	< 0,30	<0,015	< 0,02	0,5 à 1	0 à 0,05

Remarque : pour tous les lits de fusion au four électrique il faut tenir compte de quelques pertes, surtout concernant les éléments fortement réducteurs : C, Si.

On peut adopter comme perte au four de fusion environ 7 à 14% de la masse de carbone....

3% de celle de silicium....

Lorsque la fusion n'a pas lieu sous atmosphère neutre.

II- LES ACIERS

ACIER DOUX E20-40M

a) Dans le four on verse environ :

0,7% de ferro-manganèse à 80% de Mn

0,3% de ferro-silicium à 65% de Si

14% de tôles d'acier doux en vrac

42% de tôles d'acier extra doux en paquets

43% de retours d'acier moulé E20-40M

b) On effectue la fusion puis la coulée en poche.

c) Enfin on ajoute dans la poche environ :

0,1% 0,1% d'aluminium en morceau

0,2 à 0,3% de silico-calcium-manganèse en grains

0,25% de mischmétal

0,5% de SLAX

d) L'analyse visée de l'acier moulé E20-40M est la suivante :

C%	Si%	Mn%	S%	P%
0,18 à 0,22	≤ 0,35	0,60 à 0,80	≤ 0,04	≤ 0,04

ACIER MI-DUR E30-57M

a) Dans le four on verse environ :

1,5% de ferro-manganèse à 80M de Mn

0,4% de ferro-silicium à 65% de Si

0,1% de graphite sans soufre

17% de tôle d'acier doux en vrac

31% de tôle d'acier extra doux en paquets

50% de retours d'acier moulé E30-57M

b) Après fusion et coulée en poche on ajoute dans la poche environ :

0,07% d'aluminium ;

0,20 à 0,30% de silico-calcium-manganèse ;

Ou 0,30% de silico-calcium-zirconium en grain

0,50% de SLAX.

c) Puis la poche est décrassée superficiellement.

d) L'analyse visée de l'acier moulé E30-57M est la suivante :

C%	Si%	Mn%	S%	P%
0,32 à 0,42	0,35 à 0,45	1,15 à 1,25	≤ 0,04	≤ 0,04