

## Températures de préchauffage, SEFERIAN, BWRA ...

### Cours technologie

Par: Roccacier

Publiée le : 12/01/2013

Cours sur les méthodes utilisées pour déterminer les températures de préchauffage.

La Méthode de Séférian, BWRA seront décrites. Des notions telles que l'indice de sévérité thermique et l'indice de soudabilité seront abordés.

#### Sommaire:

- 1) Qu'est ce que la soudabilité?
- 2) Quand faire un préchauffage en soudage
- 3) Pourquoi préchauffer ?
- 4) A quelle température doit-on effectuer ce préchauffage?
- 4-1) Méthode Séférian
- 4-2) Déterminer la température de préchauffage avec la méthode BWRA

#### 1) Qu'est ce que la soudabilité?

On dit que des matériaux ont **une bonne soudabilité** si leur assemblage par fusion peut s'effectuer facilement. La **soudabilité** est fonction de la teneur en carbone et du carbone équivalent (Ceq).

#### 2) Quand faire un préchauffage en soudage

On détermine un **coefficient de soudabilité** pour les aciers, en fonction de leur teneur en carbone. Ce coefficient sera nommé S et variera de 0 à 10 (peut être représenté par une courbe).

#### Les aciers au carbone et faiblement alliés seront dits :

- **parfaitement soudables** si la teneur en C varie de 0 à 0,25%. S sera 9 ou 10. (Nota: Si les épaisseurs sont fortes, en revanche, un préchauffage peut être envisagé.)
- **moyennement soudables** si la teneur en C varie de 0,25 à 0,45%. S sera de 7 à 9.
- **soudable avec préchauffage** si la teneur en C varie de 0,45 à 0,65%. S sera de 5 à 7.
- **difficilement soudables** si la teneur en C est supérieur à 0,65%. S sera de 0 à 5.

#### La température de préchauffage dépend de plusieurs paramètres dont:

- la présence de certains éléments d'alliages en plus du carbone
- l'épaisseur des pièces à souder
- le type d'acier
- le procédé de soudage
- le traitement thermique éventuel
- le produit d'apport

#### 3) Pourquoi préchauffer ?

Il est parfois nécessaire de préchauffer pour éviter la formation d'une structure très dure dans la ZAT (Zône Affectée Thermiquement). Ce durcissement est du à l'influence du carbone et de certains

éléments d'alliage. Le durcissement est d'autant plus dur que le refroidissement est rapide.

Donc, plus la zone de soudage est importante et chaude, plus ce durcissement sera grand. On préchauffe alors pour limiter les écarts de températures et on gère le refroidissement de manière à le rendre plus long dans le temps. Ainsi, on limite les risques de durcissement et de fissurations. **Plus la température de préchauffage sera élevée, plus la vitesse de refroidissement devra être lente.**

4) A quelle température doit-on effectuer ce préchauffage?

#### **4-1) Méthode Séférian**

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer les **températures de préchauffage avant soudage**. Ceci dépend notamment des nuances d'aciers et des procédés à mettre en oeuvre. On peut utiliser une méthode qui permet d'estimer la nécessité du préchauffage et sa température, le cas échéant. Cette méthode s'appelle la **méthode de Séférian**.

**Cette méthode s'effectue en 3 étapes:**

- Calcul du carbone équivalent (Ceq)
- Calcul du carbone équivalent compensé (Ceq.C)
- Calcul de la température de préchauffage.

Pour calculer le **Carbone Equivalent**, on peut utiliser cette formule qui fait intervenir le carbone, le manganèse, le silicium, le chrome, le molybdène, le vanadium, le nickel et le cuivre. On trouve parfois aussi le phosphore dans certaines formules.

Dans notre cas, la formule est celle établie par l'IIS (Institut International de soudure).

$$\text{Carbone équivalent} = C + \frac{Mn + Si + Cr}{6} + \frac{Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Si Ceq l'acier est parfaitement soudable à température ambiante.

Si 0,45 : l'acier est moyennement soudable, un préchauffage de 100 à 400 °C sera nécessaire. La température exacte sera déterminée plus bas. On est confronté à un risque de fissuration à froid.

Si Ceq > 0,7 : l'acier est difficilement soudable ; préchauffage, électrodes spéciales, traitements thermiques...

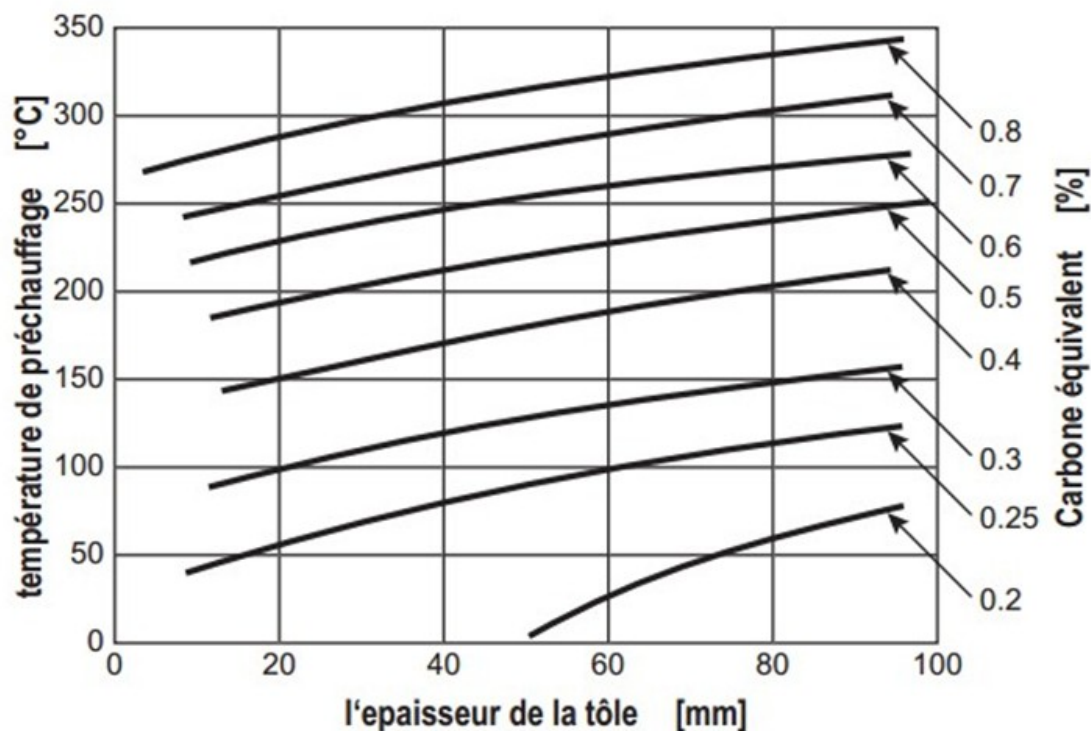
Ensuite, on calcule le carbone équivalent compensé qui prend en compte les épaisseurs des pièces à souder.

$$Ceq.C = Ceq \times (1 + 0,005 e)$$

Puis pour terminer, on évalue la température de préchauffage.

$$T_p = 350 \sqrt{(Ceq.C - 0.25)}$$

Le diagramme de Séférian permet aussi de déterminer par lecture les températures de préchauffage:



#### 4-2) Déterminer la température de préchauffage avec la méthode BWRA

On peut aussi calculer la température de préchauffage avec la méthode BWRA (British Welding Research Association). Cette méthode est adaptée au soudage à l'électrode enrobée. Cette méthode permet de calculer aussi la température de préchauffage, précise, elle prend en compte:

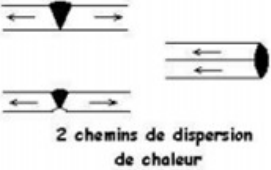
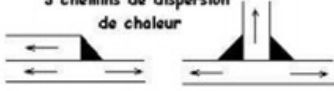
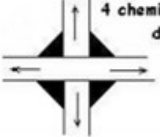
- l'indice de sévérité thermique
- l'indice de soudabilité
- le diamètre des électrodes.

Il faut commencer par déterminer TSN (Thermic Severity Number) qui prend en compte la géométrie et l'épaisseur de l'assemblage. Il faut diviser par 6 la somme des épaisseurs qui dépend des chemins de dispersion de la chaleur. Par exemple dans le cas d'un assemblage en T, il y'aura 3 chemins de dispersions, donc on aura l'équivalent de 3 épaisseurs.

$$TSN = \frac{\text{Somme des épaisseurs}}{6}$$

Donc, si on soude une tôle de 4 mm sur une tôle de 6 mm, on aura  $(6+6+4)/6 = 2,67$

Le tableau suivant donne quelques exemples :

Type de joint	Epaisseur des tôles en mm	TSN
 2 chemins de dispersion de chaleur	6 et 6	2
	6 et 12	3
	6 et 18	4
	12 et 12	4
	24 et 24	8
	24 et 48	12
 3 chemins de dispersion de chaleur	6 et 6	3
	12 et 12	6
	24 et 24	12
 4 chemins de dispersion de chaleur	6 et 6	4
	12 et 12	8
	24 et 24	16
	6 - 12 - 12 - 12	7

Ensuite, on doit déterminer l'indice de soudabilité, qui est fonction du pourcentage en  $C_{eq}$  de l'acier à souder et du type d'électrodes choisies. Le pourcentage du  $C_{eq}$  de l'acier est calculé grâce à la formule:

$$[C] = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}$$

En fonction du résultat trouvé, on pourra dire quel est l'indice de soudabilité.

Electrodes rutiles	Electrodes basiques	Indices de soudabilité
[C] jusqu'à 0,20 %	[C] jusqu'à 0,25 %	A
de 0,21 à 0,23 %	de 0,26 à 0,30 %	B
de 0,24 à 0,27 %	de 0,31 à 0,35 %	C
de 0,28 à 0,32 %	de 0,36 à 0,40 %	D
de 0,33 à 0,38 %	de 0,41 à 0,45 %	E
de 0,39 à 0,45 %	de 0,46 à 0,50 %	F
> 0,45 %	> 0,50 %	G

Puis grâce à un nouveau tableau, on utilise l'indice de sévérité thermique, puis l'indice de soudabilité et le diamètre de l'électrode qui sera utilisé, pour déterminer la température minimale à laquelle on devra souder.

Chiffre de sévérité thermique TSN	Indice de soudabilité	Température minimale à laquelle doit être exécuter la soudure				
		Diamètre de l'électrode				
		3,2	4	5	6	8
TSN 2	D					
	E	50				
	F	125	25			
TSN 3	C	0				
	D	75				
	E	100	25			
	F	150	100	25		
TSN 4	B	25				
	C	50				
	D	100	25			
	E	125	75			
	F	175	125	75		
TSN 6	A	25				
	B	50				
	C	100	25			
	D	150	100	25		
	E	175	125	75	25	
	F	225	175	125	75	
TSN 8	A	25				
	B	75				
	C	125	75	25		
	D	175	125	75		
	E	200	150	125	50	25
	F	225	200	175	125	50
TSN 12	A	75	25			
	B	125	75	25		
	C	150	125	75		
	D	200	175	125	75	
	E	225	200	175	100	50
	F	250	225	200	150	125
TSN 16	A	75	25	25		
	B	125	75	50	25	
	C	175	150	125	50	
	D	200	175	175	125	50
	E	225	200	200	150	100
	F	250	250	225	200	150
TSN 24	A	75	25	25		
	B	125	75	50	25	
	C	175	150	125	75	
	D	200	175	175	125	
	E	225	200	200	175	
	F	250	250	225	200	

