

LE SOUDAGE MANUEL A L'ARC AVEC ELECTRODE ENROBEE



Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées permet d'assembler ou de recharger des éléments ou des pièces métalliques au moyen de cordons de soudure. L'énergie nécessaire à la fusion du métal est fournie par un arc électrique jaillissant entre les pièces à souder et une électrode fusible fournissant le métal d'apport.

Soudeur équipé au travail

3-3-7. Électrodes de soudage manuel.

Composées d'un fil métallique (âme) et d'une gaine de produits enrobant le fil (enrobage).

RÔLE ET NATURE DE L'ENROBAGE

Rôle électrique par les silicates, carbonates de Na et K qui favorisent l'amorçage et la stabilité de l'arc.

Rôle mécanique et physique avec la propulsion du métal par les gaz du cratère de l'électrode vers la pièce (phénomène associé au « Pinch effect »).

Rôle métallurgique par la protection du métal en fusion pendant son refroidissement. Par la réaction chimique avec le laitier qui affine le bain. Par l'apport d'éléments d'alliages pour constituer un métal de composition donnée (électrodes synthétiques). Ou de poudre de fer pour augmenter le rendement du dépôt.

NATURE – Basique Symbole B

- à base de carbonates de calcium ou de magnésium mélangés à des ferro-alliages et à du spath-fluor ou cryolithe afin d'abaisser le point de fusion des carbonates.
- Action bénéfique du laitier sur les propriétés mécaniques du dépôt par élimination du soufre et du phosphore.
- Très hygroscopique doit être séché 2 h à 350 °C avant emploi (dépôt à bas hydrogène).
- Excellente résistance à la fissuration à chaud et à froid.
- Son laitier visqueux permet le soudage en toutes

CELLUSOSIQUE – Symbole C

contient de la cellulose dégageant un volume important de gaz réducteur.

Sa forte teneur en hydrogène augmente la chaleur dégagée par l'arc d'où la forte pénétration de la zone fondue. Utilisation intéressante pour une passe en fond de chanfrein et pour un soudage rapide en position descendante.

Ex. : soudage de pipe-lines.

RUTILE – Symbole R

Le rutile est de l'oxyde de titane, le métal fondu est calmé, donc sans dégagement gazeux pendant sa solidification.

Soudage en toutes positions, même sur pièces mal ajustées, bel aspect, bonnes qualités mécaniques.

Oxydant O — Acide A (moins utilisés).

ELECTRODE A HAUT RENDEMENT

De la poudre de fer ajoutée à l'enrobage permet d'augmenter le volume du métal déposé.

En additionnant des éléments : chrome, nickel, manganèse, molybdène..., etc. On obtient des aciers plus ou moins fortement alliés.

Si le rendement $R < 150 \%$, le soudage en position est possible. Au-dessus uniquement à plat.

Choisir un appareil largement dimensionné. La graduation en intensités conventionnelles ne convient plus.

ELECTRODE A FORTE PENETRATION

Enrobage également épais avec teneur élevée en éléments volatils. Recommandation de l'ISO.

Elles doivent permettre d'exécuter en 2 passes (Une à l'endroit, l'autre à l'envers) un joint sur bords droits espacés de $\leq 0,25$ mm sur des tôles dont l'épaisseur doit être au moins égale, à $(2 \varnothing + 2 \text{ mm})$, $\varnothing$ = diamètre de l'âme de l'électrode avec intensité 50 % supérieure à § 3.3.8.

Enrobages de ces deux derniers types d'électrodes : rutiles, basiques ou acides.

SOUDAGE (6/21) SOUDAGE MANUEL AVEC ÉLECTRODES ENROBÉES

3-3-8. Intensité de soudage.

Sa valeur (maxi-mini) est indiquée par le constructeur sur les paquets d'électrodes.

Limitée, pour éviter que ces dernières ne soient rougies, afin de ne pas dénaturer l'enrobage.

Excepté, pour les électrodes à haut rendement et à forte pénétration, la relation approchée :

$$I_s = 50 (\varnothing - 1).$$

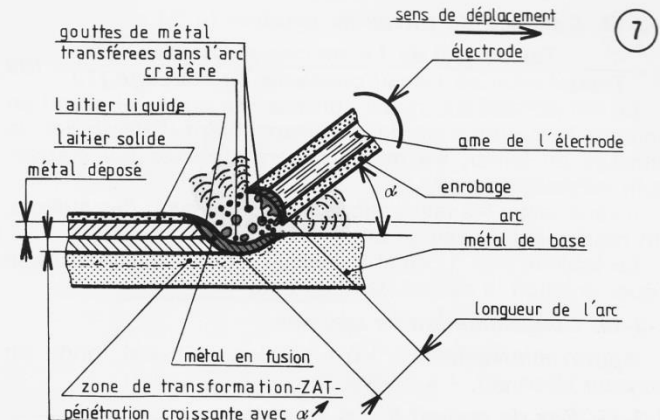
I_s en ampères - $\varnothing$ = diamètre de l'âme en mm fournit une intensité moyenne avec la tension conventionnelle.

$$U_s = 25 \text{ volts pour } I_s \approx 100$$

$$U_s = 40 \text{ volts pour } I_s \geq 500$$

et $U_s \approx 0,04 I_s + 20$ entre ces deux limites.

3-3-9. Schéma de transfert du métal (voir fig. 7).



3-3-10. Constante de fusion d'une électrode.

Exprimée par : $a = \frac{P_o}{I \times t}$ (en grammes)

a = masse déposée par ampère et par minute.

Elle varie entre 0,12 et 0,20 g/A mn. Elle permet une comparaison entre les électrodes et, entre autres, montre l'intérêt de l'addition de poudre de fer à l'enrobage.

3-3-11. Vitesse de dépôt (V_s).

Elle représente la masse de métal déposé, en grammes/minute, par une électrode donnée, sous une intensité convenable.

Le tableau (fig. 10) fournit quelques valeurs de V_s et les intensités correspondantes.

3-3-12. Temps de fusion (T_f).

Temps nécessaire pour fondre le métal à déposer dans une soudure

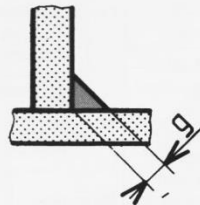
$$T_f = \frac{\text{masse du métal à déposer}}{V_s} \text{ (en minutes)}$$

— Le tableau de la figure 8 montre quelques préparations et fournit la masse du métal nécessaire par mètre de soudure.

— Le tableau de la figure 9 donne la masse déposée par électrode et permet de calculer le nombre à utiliser.

Soudage à plat							8	Poids du métal à déposer par mètre de soudure (g)
Présentation des extrémités à assembler	e - épaisseur	a - écartement	h - talon	Chanfrein (α)	Conditions de soudage	$\varnothing$ des électrodes*		
						1 ^{re} passe	Passes suivantes	
	2	1	—	—	sans	2,5	4	70
	3	2				3,15		100
	4	3				4		220
	5	3,5				4		330
	6	2	1,5	80° 70° 70°	↑ Bout à bout avec reprise à l'envers	3,15	4	250
	8	2,5				3,15		470
	10	3				3,15		700
	12	1,5				3,15		490
	16	2	sans	60° 60°	↓ Bout à bout avec reprise à l'envers	3,15	4	900
	20	2,5				4		1250
	30	3				4		2700
	40	3,5				4		4200

Soudage à plat							8
Présentation des extrémités à assembler	e - épaisseur	a - écartement	h - talon	Chanfrein (α)	Conditions de soudage	Ø des électrodes*	
						1 ^{re} passe	Passes suivantes
	2 3 4 5 6	1 2 3 3,5 4	—	—	sans	2,5 3,15 4 4 5	— — 4 5 5
	6 8 10	2 2,5 3	1,5 2 2	80° 70° 70°	↑ Bout à bout reprise à l'envers	3,15 3,15 3,15	4 4 4
	12 16	1,5 2	—	60° 60°	↓ avec reprise à l'envers	3,15 3,15	4 4
	20 30 40	2,5 3 3,5	sans	60° 60°	—	4 4 4	5 5 5
							Poids du métal à déposer par mètre de soudure (g)
							70 100 220 330 420 250 470 700 490 900 1250 2700 4200



Poids du métal à déposer g/m

→ 3	85	→ 8	550
→ 4	150	→ 10	830
→ 6	320	→ 12	1210

Diamètre de l'âme de l'électrode	V_s = vitesse de dépôt (g/mn) I_s = intensité de soudage										10
	Élect. classique 95 %		Rendement Élect. à haut rendement								
			115 %		135 %		160 %		180 %		
	V_s	I_s	V_s	I_s	V_s	I_s	V_s	I_s	V_s	I_s	
	2	6,8	50								
2,5	9,9	7,5	12,2	80							
3,15	18,5	110	17,1	115	25	125					
4	23,5	160	26,1	170	41	180	50	180	54	200	
5	28,7	200	32,2	220	58	250	72	260	81	270	
6,3	37,3	275	54,7	290	85	340	95	350	130	420	

SOUDAGE (7/21)

NF A 81-301 à 309

SOUDAGE MANUEL AVEC ÉLECTRODES ENROBÉES

3-3-13. Cadence de travail du soudeur (η %).

$$\eta = \frac{\text{Temps } (T_s) \text{ de fusion des électrodes}}{\text{Temps total de travail consacré au soudage } (T_t)} \times 100$$

Le temps total de travail consacré au soudage prend en compte T_s auquel s'ajoute : le changement d'électrodes, le piquage du laitier, les manipulations diverses sur mannequin ou positionneur.

Il varie selon les fabrications et l'équipement des ateliers. Un rendement moyen se situe ≈ 50 %

Le tableau (fig. 11) établi d'après MENDEL permet de le situer $\approx$ selon la nature des fabrications.

— La préparation en tulipe simple (fig. 12o) ou double réduit le volume de métal à apporter, et le retrait sur épaisseur importante.

— La figure 12p permet de conserver la symétrie des retraits après meulage à l'envers de la racine du cordon n° 1.

— La figure 13a montre un dépôt avec balancement latéral de l'électrode pendant la fusion (passes larges).

— La figure 13b, un dépôt avec électrode simplement tirée.

Nature des fabrications SC $\rightarrow$ soudures courtes SL $\rightarrow$ soudures longues	Atelier		Chantier	
	SC	SL	SC	SL
Montage charpentes	30 %	35 %	20 %	25 %
Tôlerie	27 %	32 %	20 %	25 %
Chaudronnerie	35 %	40 %	25 %	30 %
Soudage de tôles épaisses	45 à 50 %		35 %	
Travaux en série sur positionneurs	50 à 60 %		50 à 55 %	
Travaux de rechargement	60 à 65 %		50 à 55 %	

3-3-17. Préparation des bords à assembler.

— Selon les épaisseurs à souder, la figure 8 de la page précédente a déjà montré quelques préparations.

— Le passage d'une préparation en V à celle en X diminue le métal à apporter de près de la moitié de son volume.

— Pour une soudure de qualité, les figures 12i, j, k, l, p, obligent à une reprise à l'envers. Afin d'éviter les inclusions dans le cordon de soudure, un gougeage ou un meulage de la racine du premier dépôt est conseillé.

— Si la reprise à l'envers ne peut être effectuée, la pénétration peut être assurée sur un support (fig. 12m).

Ce support est dit *subsistant*.

— Limiter la préparation à l'élément étroit (soudage en Té). (fig. 12n).

