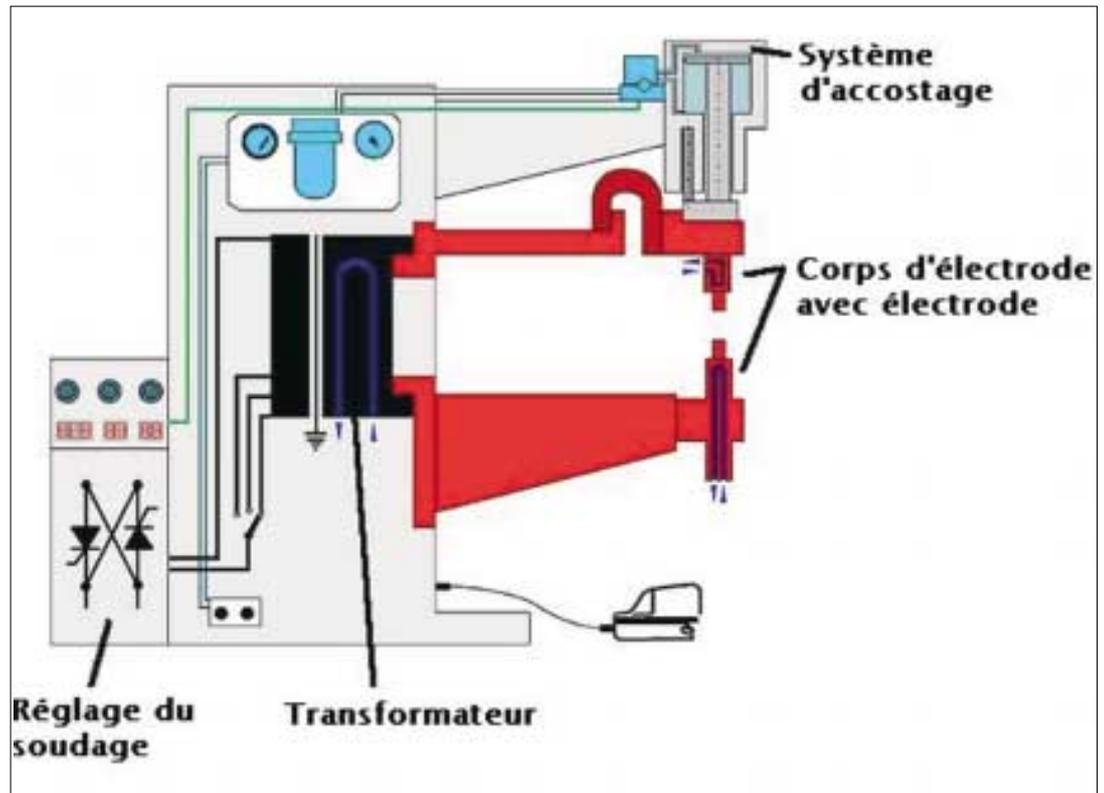


SOUDAGE PAR RÉSISTANCE DE L'ALUMINIUM

LE SOUDAGE PAR POINTS ET LE SOUDAGE À LA MOLETTE

Cette partie traite du soudage par résistance de l'aluminium et plus spécifiquement du soudage par points et du soudage à la molette. Le soudage par points est la technique la plus utilisée du soudage par résistance; il fera donc l'objet d'une grande partie de cet article. Le soudage à bossages n'est pas la technique de soudage indiqué pour assembler des alliages d'aluminium à cause de la déformabilité (trop) importante des matériaux à souder.



Principe d'une machine à souder par points

Par Patrick Van Ryment, EWE Hogeschool voor Wetenschap & Kunst, De Nayer Instituut

PRINCIPE DU SOUDAGE PAR POINTS ET DU SOUDAGE À LA MOLETTE

Le schéma de base d'une machine à souder par points est repris à la figure 1.

Les tôles à souder sont placées entre les électrodes en cuivre dans la position de soudage. Les tôles sont ensuite serrées avec une force déterminée entre les électrodes. Quand la force souhaitée est atteinte, le côté primaire du transformateur de soudage est mis sous tension quelques millisecondes plus tard. La tension d'alimentation élevée (220 V/380 V) est alors transformée en tension faible (moins dangereuse) de 15 V maximum. En raison de cette tension et des résistances électriques présentes (très faibles (environ 50 à 350 x 10⁻⁶ Oh)) dans le circuit secondaire (principalement résistance du matériau et résistance de contact entre les pièces à souder) entre les deux électrodes de soudage par points, un courant électrique élevé va passer au travers du circuit secondaire. Ce courant va assurer l'échauffement suffisant des pièces

(par effet Joule) et la fusion du métal de la pièce dans la zone d'assemblage. Comme les électrodes de cuivre sont refroidies intérieurement par de l'eau, une très grande partie de la chaleur produite dans les pièces passera dans les électrodes et leur système de refroidissement. On a ainsi, dans le matériau, un profil thermique. Comme vous pouvez le remarquer, le profil thermique présente, à la fin du temps de soudage, un maximum à la surface de séparation entre les deux parties de la pièce où la température la plus élevée est plus grande que le point de fusion du matériau de la pièce et précisément à l'endroit où la soudure doit se faire. Quand il y a suffisamment de métal fondu, on met hors tension. Les parties de la pièce restent encore serrées, durant le temps d'application de l'effort, entre les électrodes afin de permettre au métal fondu sous pression de se solidifier et de permettre de suivre, via la force d'accostage sur les électrodes, le retrait du métal se solidifiant via une déformation plastique du matériau environnant. Le soudage à la molette est un dérivé du soudage par points. Les électrodes de soudage par points sont remplacées par des disques

en cuivre refroidis à l'eau. Les pièces à souder sont serrées entre les disques. Au moment où l'effort de soudage est atteint, les molettes

EN PLUS DE LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE ET DE LA CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE, LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DE CONTACT ENTRE LES SURFACES DES PIÈCES À SOUDER EST UN DES FACTEURS D'INFLUENCE LE PLUS IMPORTANT

roulent sur les pièces et la tension électrique est branchée. Le courant de soudage élevé chauffe le métal qui fond entre les pièces et la soudure se fait.

FACTEURS D'INFLUENCE

L'aluminium et les alliages d'aluminium possèdent, en comparaison avec l'acier, une puissance électrique et une conductibilité thermique plus élevées de sorte que des courants de soudage beaucoup plus élevés en combinaison avec de brefs temps de courant doivent être appliqués. En plus de la puissance électrique et de la conductibilité thermique, la

résistance électrique de contact entre les surfaces des pièces à souder est un des facteurs d'influence le plus important. Afin d'avoir une durée de vie acceptable des électrodes, il est important que la résistance de contact entre l'électrode et la surface de la pièce soit aussi faible que possible et reste à un niveau constant. Cette résistance de transition dépend non seulement de l'épaisseur et de la composition de la couche d'oxydes mais également de l'effort de soudage appliqué et de la surface de contact de l'électrode. Plus la surface de contact est faible, plus la résistance de transition devient faible; cependant la profondeur de l'empreinte de l'électrode augmente en même temps. Lors de la production, il faut traiter les surfaces afin d'obtenir une résistance de transition faible et à un niveau constant. Le traitement mécanique et/ou chimique des surfaces a pour but d'éliminer les oxydes.

CLASSIFICATION DES TYPES SOUDABLES

Les qualités d'aluminium sont réparties en trois groupes sur base de la puissance électrique et de la conductibilité thermique moyennes,

de la résistance électrique spécifique et de la courbe de fusion et de solidification. Voir tableau 1.

MACHINE À SOUDER

Pour pouvoir souder l'aluminium, des exigences élevées quant aux propriétés électriques et mécaniques de la machine à souder sont posées. Outre la possibilité d'utiliser des machines fixes ou mobiles, on peut également avoir une répartition suivant le type de courant et pour le courant continu, suivant le type de redresseur. Pour le soudage, on peut utiliser les machines à souder suivantes:

- Machines à courant alternatif: monophasées
- Machines à courant continu: monophasées et/ou triphasées, redresseur ordinaire, invertisseur MFDC

La machine monophasée demande un investissement plus faible qu'une machine à courant continu en triphasé. Cependant, il faut tenir compte du fait que, pour le raccordement des machines monophasées, il faut prévoir un raccordement primaire plus important. En soudant en courant

continu, l'aluminium peut être soudé avec une intensité de courant de soudage plus faible pour un même temps de courant. Le rendement thermique est meilleur en courant continu qu'en courant alternatif. Ce qui est plus important c'est qu'avec une machine à souder en courant continu, on peut avoir des courants de soudage continus plus élevés. Il est ainsi possible de travailler avec de courts temps de soudage.

La production de chaleur dans la surface de contact entre les deux pièces aura ainsi un caractère plus dynamique. L'évolution du marché est actuellement telle que c'est surtout le MFDC (fréquence moyenne 1000 Hz) qui a le vent en poupe en raison du réglage aisé des machines et des avantages que peut offrir le courant continu comme déjà signalé plus haut.

ÉLECTRODES

Le métal disponible pour les électrodes est réparti en groupes et ce, tant dans l'ISO 5182 en Europe que suivant le RWMA (Resistance Welder Manufacturers' Association) aux États-Unis. La pratique montre que les alliages de cuivre de la classe A 1 (suivant

ISO) ou class I (suivant RWMA) (CuCd ou CuAg) sont les plus appropriés pour le soudage par résistance de l'aluminium et de ses alliages et ce, principalement en raison de leur conductibilité électrique et thermique élevée. On peut également utiliser des matériaux de la classe A 2 ou class II, mais la conductibilité électrique et thermique plus faible

LA DURÉE DE VIE DE L'ÉLECTRODE EST DÉTERMINÉE PAR LE NOMBRE DE SOUDURES PAR POINTS OU DE LONGUEUR DE SOUDURES QUI PEUVENT ÊTRE RÉALISÉS JUSQU'À CE QUE LA QUALITÉ DE LA SOUDURE SOIT EN-DESSOUS DE LA VALEUR MINIMALE SOUHAITÉE

de ces alliages les rend moins appropriés au soudage de l'aluminium sauf dans le cas où une dureté et une température de revenu plus élevées sont exigées. Pour exemple, nous donnons quelques propriétés physiques de CuCd et du CuCrZr. Le tableau 3 donne un aperçu de

la composition de ces deux alliages ainsi que leurs propriétés physiques et mécaniques.

En raison de la durée de vie des électrodes quelque peu meilleure (meilleures propriétés mécaniques), la préférence va à des électrodes écrouies plutôt qu'à des électrodes ayant un autre état de livraison. Les électrodes CuCrZr s'allient plus rapidement avec l'aluminium que les électrodes CuCd.

Cependant, la dureté du CuCrZr est plus élevée de sorte que la surface de contact de l'électrode se déformera moins rapidement. La rugosité de la surface de contact de l'électrode influence la durée de vie.

Le matériau CuAg peut être appliqué quand des exigences élevées pour l'aspect extérieur de la soudure sont posées.

Comme le CuCrZr et le CuCd sont moins chers que le CuAg, ce dernier n'est pas utilisé aussi rapidement dans la pratique.

DURÉE DE VIE DE L'ÉLECTRODE

L'aluminium et le cuivre peuvent très facilement se dissoudre l'un dans l'autre ou s'allier.

La température élevée qui règne à

Tableau 1: répartition des qualités d'aluminium suivant quelques critères

Classification suivant EN 573	Classification suivant DIN1745	Cat.	Résistance à la traction Rm N/mm ² Min... max	Limite d'allongement Rp 0,2 N/mm ² Min... max	Allongement à la rupture A 5 % Min... max	Allongement à la rupture A 10 % Min... max
EN AW-1080	Al 99,8	I	60... 160	≤ 50... ≥ 100	4... ≥ 40	3... ≥ 35
EN AW-1050	Al 99,5		65... ≥ 170	≤ 55... ≥ 130	3... ≥ 40	2... ≥ 35
EN AW-1200	Al 99,0		75... ≥ 180	≤ 60... ≥ 140	3... ≥ 40	2... ≥ 35
EN AW-8011	AlFeSi		80... ≥ 210	30... ≥ 180	3... ≥ 35	2... ≥ 30
EN AW-3003	AlMnCu	II	90... ≥ 210	35... ≥ 170	3... ≥ 28	2... ≥ 25
EN AW-3004	AlMn1Mg/Mg0,5		120... ≥ 280	50... ≥ 230	4... ≥ 23	1... ≥ 17
EN AW-5005	AlMg0,5		90... ≥ 190	30... ≥ 180	3... ≥ 26	2... ≥ 24
EN AW-5005A	AlMg1		105... ≥ 210	35... ≥ 190	3... ≥ 24	2... ≥ 21
EN AW-5050	AlMg1,5		130... ≥ 240	45... ≥ 200	6... ≥ 23	5... ≥ 20
EN AW-5251	AlMg2Mn0,3		155... ≥ 270	60... ≥ 230	3... ≥ 20	2... ≥ 17
EN AW-5052	AlMg2,5		170... ≥ 290	60... ≥ 210	3... ≥ 20	2... ≥ 17
EN AW-5049	AlMg2Mn0,8		190... ≥ 305	80... ≥ 250	3... ≥ 20	2... ≥ 17
EN AW-6060	AlMgSi0,5		130... ≥ 245	65... ≥ 195	10... ≥ 19	8... ≥ 16
EN AW-6005	AlMgSi0,7		180... ≥ 270	90... ≥ 225	8... ≥ 15	6... ≥ 12
EN AW-6082	AlMgSi1		205... ≥ 315	90... ≥ 255	8... ≥ 18	8... ≥ 15
EN AW-6010	AlMg0,4Si1,2		200... ≥ 270	100... ≥ 240	12... ≥ 29	10... ≥ 24
EN AW-2017	AlCuMg1		200... ≥ 395	110... ≥ 265	12... ≥ 13	10... ≥ 11
EN AW-2024	AlCuMg2		200... ≥ 440	130... ≥ 290	12... ≥ 13	10... ≥ 11
EN AW-2014	AlCuSiMn	380... ≥ 460	200... ≥ 400	6... ≥ 13	5... ≥ 11	
EN AW-5754	AlMgS	III	≤ 190... ≥ 305	80... ≥ 250	3... ≥ 20	2... ≥ 17
EN AW-5056A	AlMgS		≤ 270... ≥ 350	≤ 130... ≥ 270	3... ≥ 26	2... ≥ 22
EN AW-5454	AlMg2,7Mn		≤ 220... ≥ 330	90... ≥ 310	4... ≥ 22	3... ≥ 22
EN AW-5083	AlMg4,5Mn		275... ≥ 405	125... ≥ 270	6... ≥ 17	5... ≥ 15
EN AW-7020	AlZn4,5Mg1		310... ≥ 350	≤ 200... ≥ 290	10... ≥ 14	8... ≥ 12
EN AW-7022	AlZnMgCu0,5		310... ≥ 450	200... ≥ 420	7... ≥ 14	6... ≥ 12
EN AW-7075	AlZnMgCu1,5		370... ≥ 530	250... ≥ 460	7... ≥ 14	6... ≥ 12

Groupe	Etat de livraison suivant prEN 515 (1)	Dureté Brinell HB	Traitement de surface			
			Aucun	Chimique	Mécanique	Semi-produit décapé (2)
I	O écroui et recuit	20...25	A, C	A, C	A, C	A, C
	H14 écroui 1/2 dur	30...40	A, C	A, C	A, C	A, C
	H16 écroui dur	40...55	A, C	A, C	A, C	A, C
II	O écroui et recuit	30...50	A, C	A, C	A, C	A, C
	H14 écroui 1/2 dur	45...70	B, C	B	B	B
	H16 écroui dur	50...85	B, C	B	B	B
	H3. écroui et stabilisé	(3)	B, C	B	B	B
	T.. traité thermiquement	(3)	B, C	B	B	B
III	O écroui et recuit	55...70	B, C	B	B	B
	H14 écroui 1/2 dur	70...100	B	B	B	B
	H18 écroui dur	88...105	B	B	B	B, C
	T.. traité thermiquement	(3)	B, C	B	B	B

(1) Les lettres O, H et T indiquent la classe de trempe. Les chiffres indiquent traitements appliqués au matériau.

(2) A l'état de livraison, le matériau est soudable.

(3) Dépend de la composition chimique de l'alliage.

A Le matériau peut être soudé sans programme de courant-effort de soudage.

B Il est conseillé d'utiliser un programme courant-effort de soudage pour des résistances élevées et des épaisseurs de tôle supérieures à 1 mm.

C Brève durée de vie de l'électrode.

Tableau 2: soudabilité avec le soudage par points et à la molette de trois groupes d'aluminium

la surface de contact tôle-électrode lors du soudage, favorise cet alliage. La combinaison d'un courant de soudage élevé avec la tendance à s'allier a pour résultat une durée de vie de l'électrode assez courte.

La durée de vie de l'électrode est déterminée par le nombre de soudures par points ou de longueur de soudures qui peuvent être réalisés jusqu'à ce que la qualité de la soudure soit en-dessous de la valeur minimale souhaitée.

Par qualité de la soudure, on entend par exemple le diamètre de la soudure, l'effort de refoulement ou tout simplement l'aspect de la soudure.

La résistance de contact peut être réduite par les traitements suivants sur la tôle à souder:

- Mécanique

Avant de souder, la couche d'oxydes doit éliminée à l'aide de brosses rotatives en acier inoxydable ou des brosses en corindon artificiel, (diamètre du fil 0,1 mm)

- Chimique

Le traitement chimique donne une surface nettement moins rugueuse. Cette procédure de décapage doit cependant être adaptée à la composition chimique de l'aluminium. On peut dire que plus la résistance de contact augmente, plus la durée de vie de l'électrode diminue.

- Application de matériaux pour électrodes spécialement pré-traités.

- Choix optimal des réglages de la machine à souder

Lors du soudage en courant alternatif, il vaut mieux souder avec

le moins possible de phases brusques (la préférence va à un courant de soudage sinusoïdal). Afin de minimiser l'érosion de l'électrode, le courant de pointe et le courant effectif doivent être aussi proches que possible (un très grand avantage des machines à souder DC et MF DC).

FACTEURS INFLUENÇANT LA DURÉE DE VIE

La durée de vie d'une électrode est déterminée par de nombreux facteurs:

- Qualité de l'aluminium (type d'aluminium, état de surface, épaisseur de la tôle)
- Machine à souder (propriétés mécaniques, propriétés électriques,

refroidissement des électrodes, matériau des électrodes)

- Installation (géométrie de la surface de contact des électrodes, combinaison des paramètres de soudage choisis: temps de courant, vitesse de soudage et effort de soudage de l'électrode)

On peut prolonger la durée de vie de l'électrode en la brossant régulièrement avec une brosse abrasive douce. Voir figure 4.

FORME DE L'ÉLECTRODE

Pour le soudage, les formes de types A et C schématisées dans la figure 5 sont recommandées. Pour des épaisseurs de tôle inférieures à 1,5 mm et si la qualité de la soudure est de moindre importance, on utilise un type B,

électrode conique arrondie avec rayon faible. L'inconvénient avec cette forme d'électrode est que, par la charge thermique, la surface de contact montre rapidement une tendance à s'allier et qu'elle laisse une empreinte profonde dans la surface de la tôle.

On peut avoir le même phénomène avec l'électrode cylindrique, type D. Ce type d'électrode a une durée de vie plus longue.

Durant le soudage par points, la partie cylindrique est consommée. La durée de vie peut varier de 200 à 3.000 soudures et plus.

Si on recherche à avoir une érosion minimale de la surface de contact de l'électrode en combinaison avec un diamètre de contact à maîtriser simplement, le type d'électrode C est

Tableau 3: matériaux pour électrodes

Matériau	Dureté HV 30	Conductibilité électrique	Conductibilité thermique W/m.K (20°C)	Température de revenu °C
CuCrZr(1%Cr;0,1%Zr)	130	25...50 m/Ωmm ²	320	500
ISO 5182 classe A 2/2				
Werkstoff-Nr. 2.1293				
R.W.M.A. Classe II				
CuCd	90	42...46 m/Ωmm ²	395	150
ISO 5182 classe A 1/2				
R.W.M.A. Classe I				

recommandé. Le diamètre de contact peut être mis et maintenu à mesure à l'aide d'une fraiseuse d'électrode.

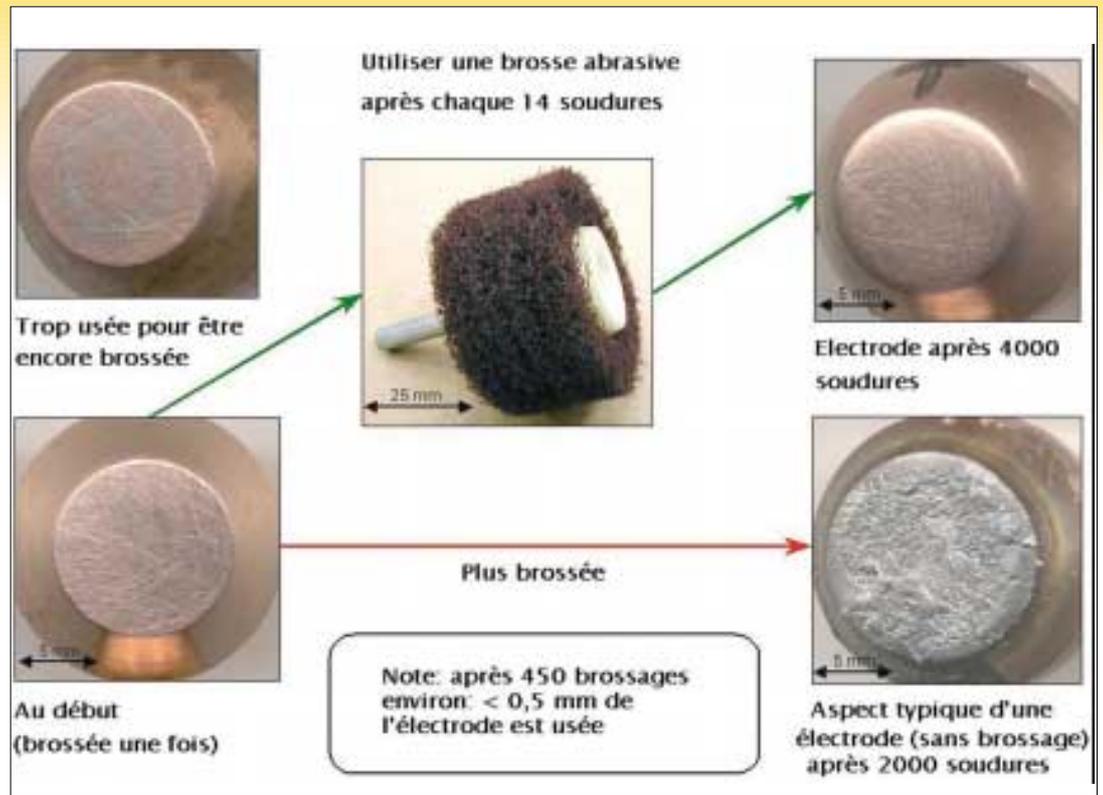
Si l'empreinte de l'électrode n'est pas admise dans la surface de la tôle, il faut appliquer une combinaison d'une électrode plane, type D ou E avec une électrode de type A, B ou C.

REFROIDISSEMENT DES ELECTRODES

Afin de pouvoir concentrer le développement de la chaleur dans la surface de séparation entre les pièces à assembler, les électrodes doivent être refroidies intensément. Avec un bon refroidissement, l'érosion de la surface de contact des électrodes est réprimée, avec pour résultat un prolongement de la durée de vie.

Il est conseillé de maintenir la distance d'au moins 10 mm entre la surface de contact des électrodes et le fonds du canal d'eau.

Il faut au moins une température d'eau inférieure à 20 °C et un débit d'eau d'au moins 4 l/min.



Prolongation de la durée de vie d'une électrode en brossant régulièrement

EXÉCUTION DE LA SOUDURE: RÉGLAGE DE LA MACHINE A SOUDER

Sont décisifs pour la qualité de la soudure: l'épaisseur de tôle, la composition chimique de l'aluminium, l'état de surface en combinaison avec les réglages de la machine à souder, l'effort de soudage, le courant de soudage, le temps de courant, la géométrie de l'électrode et les propriétés dynamiques de la tête de soudage.

SOUDAGE PAR POINTS

Les valeurs indicatives reprises dans le tableau 4 sont valables pour le soudage en courant continu des alliages d'aluminium qui appartiennent à la catégorie III, par ex. AlMg3.

Si des alliages ayant une conductibilité électrique plus élevée doivent être soudés, le courant de soudage devra également être plus élevé. Les qualités d'aluminium pur appartenant à la catégorie I doivent être soudés avec un effort de soudage moindre.

Pour ces valeurs, il faut noter ce qui suit:

- le matériau ayant une conductibilité élevée demande un courant de soudage plus élevé en combinaison avec un temps court de soudage = plus de développement de chaleur dynamique

- le matériau ayant une conductibilité faible demande un courant de soudage plus faible avec un temps de courant de soudage plus long

- il est recommandé de nettoyer fréquemment les électrodes. Si on soude en courant alternatif, il faut appliquer un courant de soudage plus élevé en raison du rendement plus faible du courant alternatif.

Pour le soudage d'épaisseurs différentes, il faut appliquer la valeur pour le soudage de la tôle la plus mince.

Le rapport des épaisseurs peut être de 1:3 maximum.

Ce qui est important est l'écartement entre les soudures par points qui sont alignées.

Par effet shunt, une partie du courant de soudage passe par les soudures par points adjacentes.

De plus petites sections sont ainsi créées.

En augmentant quelque peu le

courant de soudage, après avoir fait la première soudure par points, la section de la soudure suivante sera ramenée au niveau original. Il faut en tenir compte lors de l'évaluation des essais destructifs.

Si on doit souder des alliages d'aluminium des catégories I ou II ou des alliages de différentes catégories, les valeurs peuvent être calculées sur base du tableau 5.

(Remarque: calcul de l'effort de soudage et du temps de courant: si la résistance à la traction $R_m = 280 \text{ Mpa}$, code F28 et si l'alliage d'aluminium appartient à la catégorie II, la valeur pour l'effort de soudage $F_s = 12 \text{ à } 17 R_m$, $F_s = 3360 \text{ N à } 4760 \text{ N}$.

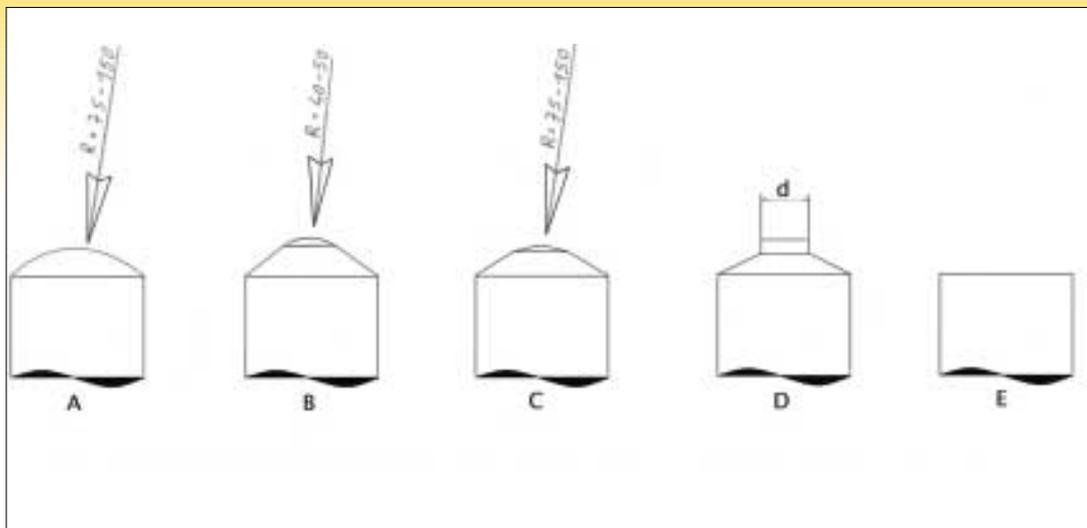
Le temps de courant, t_s , est déterminé par l'épaisseur de tôle, e_1 . Pour la catégorie II, $t_s = 2 \cdot e_1$.

Tableau 4: valeurs indicatives pour le soudage du AlMg3 en courant continu

Réglages	Epaisseur de tôle en mm									
	0,35	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5
Diamètre de l'électrode D en mm	16	16	16	16	20	20	20	25	25	25
Rayon de l'électrode R en mm	75	75	75	75	75	100	100	100	100	150
Effort de soudage F en kN	1,5	1,8	2,2	3	3,5	4	5	6,5	8	10
Courant de soudage I-mns en kA	18...22	19...24	24...30	25...32	26...34	27...35	30...38	34...42	38...45	44...50
Temps de courant de soudage t_s en pér. 50 Hz	2	2	3	3	4	5	6...8	7...9	8...10	9...12
Diamètre de la lentille de soudure dl en mm	3	3,5	4,5	5	5,5	6	7	8	8,5	9,5
Diamètre du point de soudure dk en mm	3,5	4	5	5,5	6	6,5	7,7	8,7	9,3	10,3

Le courant de soudage devra être déterminé empiriquement.) Il faut tenir compte du fait que les valeurs indicatives pour le réglage des machines telles que reprises dans les tableaux 4 et 5 sont bonnes pour un réglage grossier du processus. Pour affiner le réglage des machines, on peut tâtonner en production ('trial and error'). Ceci prend cependant beaucoup

UNE TECHNIQUE IMPORTANTE POUR ÉVALUER LA QUALITÉ D'UNE SOUDURE PAR POINTS EST L'ÉVALUATION DE SON ASPECT ET LA RÉALISATION DE MESURES SIMPLES



Formes diverses d'électrode

de temps et n'offre pas la garantie d'avoir des résultats optimaux. Depuis quelques années, il existe des sets de simulation numérique qui permettent de calculer sur ordinateur un réglage aussi optimal que possible. De telles simulations permettent de trouver un réglage plus optimal basé sur des données réellement mesurées sur des machines de production en action. On peut ainsi gagner sur la qualité, le temps de production et la durée de vie des électrodes. Pour avoir plus d'informations sur cette manière de faire moderne pour le soudage par résistance (métal soudable, exécution du soudage par résistance), veuillez consulter www.swantec.com ou envoyer un e-mail à pvr@denayer.wenk.be.

SOUDAGE À LA MOLETTE

Les valeurs indicatives pour le réglage de la machine à souder à la molette sont reprises au tableau 6. Une bonne soudure ne peut être obtenue qu'en éliminant la couche

Classification suivant EN 573	Cat.	Résistance électrique spécifique S	Effort de soudage F _S en N	Temps de courant soudage t _s périodes 50Hz
EN AW-1080 EN AW-1200	I	34...38 m/Ωmm ²	10.Rm...15.Rm	épais. ≤ 1,5 mm, (e ₁); t _s = e ₁ + 1 épais. ≥ 1,8 mm, (e ₁); t _s = e ₁ + 2
EN AW-3103 EN AW-6082	II	23...32 m/Ωmm ²	12.Rm...17Rm	t _s = 2.e ₁
EN AW-5754 t/m EN AW-5182 EN AW-3004 EN AW-7020	III	16...22 m/Ωmm ²	14.Rm...19.Rm	t _s = 2.e ₁ + 1

Tableau 5: calcul de l'effort de soudage et du temps de courant à l'aide de la résistance électrique spécifique et de la résistance du matériau

d'oxyde de la surface de la tôle. Il est conseillé de ne souder qu'en courant continu.

DÉFAUTS DE SOUDAGE

Des défauts de soudage peuvent apparaître lors d'un mauvais choix lors du réglage de la machine en ce qui concerne le courant de soudage, le temps de courant de soudage et l'effort de soudage mais également des anomalies possibles dans le matériau à

souder. Le tableau 7 reprend les défauts les plus importants et les mesures à prendre pour les éviter. Des défauts peuvent également apparaître à cause de l'usure du système de serrage de la machine à souder. Dans le cadre d'un projet IVT-HOBU, un appareillage a été mis au point au De Nayer Instituut qui permet de mesurer le comportement mécanique des machines en action sans perturber la production. L'information reçue permet d'une part de réaliser l'entretien en connaissance de causes et d'autre part de réaliser des simulations avec vos propres données. Plus d'informations à propos de ce projet peuvent être obtenues sur www.denayer.be.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Différentes méthodes permettent d'évaluer la qualité de la soudure.

MÉTHODES DESTRUCTIVES

– Déboutonnage
Le déboutonnage peut être réalisé avec des moyens simples et donne une information directe sur la section de la soudure. Cet essai peut être réalisé sur des éprouvettes dans un étau ou sur la

pièce-même via un essai au burin qui peut être réparé ensuite. À l'aide d'un pied à coulisse, on peut mesurer, après l'essai, le diamètre minimal et maximal du point de soudure. L'aspect de la fracture donne une idée des structures dans la zone de fusion et les éventuelles attaques dans la structure originelle dans la zone influencée thermiquement. – Essai de torsion
Lors de l'essai de torsion, deux plaquettes sont soudées perpendiculairement l'une à l'autre avec deux points de soudure. La première soudure sert de soudure shunt et est coupée avant l'essai de torsion. Les plaquettes sont tordues manuellement en un mouvement de ciseaux. Comme la fracture se passera certainement dans la soudure, lors de cet essai destructif, on peut ainsi avoir une idée de l'aspect de la fracture et de la coupe de la soudure (présence éventuelle de fissures et/ou de porosités dans la soudure-même). – Essai de cisaillement
Pour cet essai, il faut disposer d'un banc de traction. L'assemblage des éprouvettes de soudage peut se faire suivant différentes normes et recommandations. L'éprouvette la plus simple, figure

Tableau 6: valeurs indicatives pour le soudage à la molette de l'aluminium et de ses alliages

Épaisseur de tôle mm	Rayon de la molette R mm	Effort de soudage kN	Courant de soudage kA	Temps de courant périodes 50 Hz	Temps de pause-courant périodes 50 Hz	Vitesse de soudage m/min
0,25	50	2,4	21	1	1	1,35
0,5	50	2,7	25	1	2	1,25
0,75	75	3	29	2	3	1,2
1	75	3,4	32	2	3	1,1
1,25	75	3,75	35	2	4	1
1,5	75	4,1	39	3	5	0,9
2	75	4,8	46	3	6	0,7
2,5	100	5,5	52	4	7	0,5

Défaut de soudage		Temps d'application de l'effort d'accostage	Courant de soudage	Temps de courant	Effort de soudage	Autres causes
Section de la lentille de soudage	trop petite	-	trop faible trop élevé	trop court trop long	trop élevé trop faible	rayon d'électrode trop petit rayon d'électrode trop grand
	trop grande	-	trop faible trop élevé	trop court trop long	trop élevé trop faible	rayon d'électrode trop grand rayon d'électrode trop petit
Pénétration de la lentille de soudage	< 30%	-	trop faible trop élevé	trop court trop long	trop élevé trop faible	rayon d'électrode trop grand rayon d'électrode trop petit
	> 70%	-	trop faible trop élevé	trop court trop long	trop élevé trop faible	rayon d'électrode trop grand rayon d'électrode trop petit
Empreinte de l'électrode à la surface de la tôle > 10%		-	trop élevé	trop long	trop faible	rayon d'électrode trop petit
Alliage rapide de la surface de l'électrode. Brève durée de vie de l'électrode		trop court	trop élevé	trop long	trop faible	surface de la tôle sale rayon d'électrode trop petit
Porosités et fissures		trop court	trop élevé	trop long	trop faible	surface de la tôle sale électrodes pas bien alignées
Projections		trop court	trop élevé	trop long	trop faible	surface de la tôle et surface de contact sales

Tableau 7: causes des défauts lors du soudage par points

11, est acceptée par l'Institut International de la Soudure. Deux plaquettes, se recouvrant d'une façon précisée, sont soudées l'une à l'autre avec un point de soudure et ensuite soumise à traction jusqu'à rupture. La force de traction maximale, l'aspect de la fracture et la coupe de la soudure donnent des informations sur la qualité de la soudure.

- Essai de traction du point
Comme c'est le cas dans l'essai de cisaillement, il faut également disposer d'un banc de traction et d'une pièce spéciale pour la tension de l'éprouvette. Les dimensions de l'éprouvette et de la pièce spéciale sont données dans le DVS-Merkblatt 2916.

MÉTHODES DE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF

- Contrôle visuel
Une technique importante pour évaluer la qualité d'une soudure par points est l'évaluation de son aspect et la réalisation de mesures simples. La profondeur de l'empreinte de l'électrode dans la surface de la tôle est souvent une caractéristique importante de la qualité et ne peut pas dépasser de 1 à 15% de l'épaisseur de la tôle en fonction des directives dans l'entreprise. Exemple: épaisseur de tôle 0,8 mm, profondeur d'empreinte maximale admissible 0,08 mm. Si l'aspect visuel est un critère important, l'empreinte

admissible doit être moindre. Un col formé par l'expulsion de métal fondu entre l'électrode et la tôle doit être évité autant que possible. Deux tôles soudées l'une à l'autre ne peuvent être ouvertes entre deux points. La position des soudures par points, la distance entre les points et la distance par rapport aux bords sont importantes.

- Examen radiographique et par ultrasons
Avec la radiographie, on peut détecter les défauts internes comme les porosités et les retassures. L'examen par ultrasons permet de mesurer les dimensions des soudures réalisées durant la production ce qui permet de réduire fortement la quantité d'essais destructifs.

Cette technique sera principalement utilisée quand les soudures sont réalisées mécaniquement. □

Remarque: cet article ne comprend pas toutes les figures. Vous pouvez consulter la version complète sur le site web du De Nayer Instituut.

BIBLIOGRAPHIE

- 'The Professional's Advisor on Resistance Welding', American Welding Society, 1998
- 'Resistance Welding Manual', fourth edition, Resistance Welder Manufacturers' Association, 1999
- 'Quality in Resistance Welding', Zwolzman O.
- Aluminiumcentrum (Pays-Bas) 'Het lassen van aluminium (IV) Weerstandlassen', 1994
- 'Cursus Weerstandlassen', P. Van Rymenant, 2003
- Richtwerte zum Widerstandsschweißen, H.A. Schlatter AG;
- SORPAS@The software for simulation of resistance welding, dr. W. Zhang, Swantec, 1995-2003
- The software for simulation of resistance welding, dr. W. Zhang, Swantec software & engineering
- 'The Professional's Advisor on Resistance Welding' American Welding Society, 1998-
- Resistance Welding Manual', fourth edition, Resistance Welder Manufacturers' Association, 1999
- 'Quality in Resistance Welding', Zwolzman O.
- Aluminiumcentrum (Pays-Bas) 'Het lassen van aluminium (IV) Weerstandlassen', 1994
- 'Cursus Weerstandlassen' P. Van Rymenant, 2003
- Richtwerte zum Widerstandsschweißen, H.A. Schlatter AG

Essai de cisaillement
Cisaillement pur
Charge combinée
