

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Méthodes d'essais et de contrôle de la soudure électrique des aciers
ordinaires

Autor: Moressée, G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-3051>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

III c 1

Méthodes d'essais et de contrôle de la soudure électrique des aciers ordinaires.

Prüfungs- und Überwachungsverfahren für die elektrische Schweißung der gewöhnlichen Stähle.

Testing and Control in the Electric Welding of Ordinary Steels.

G. Moressée,

Ingénieur des Constructions Civiles et Coloniales, Liège.

La soudure électrique à l'arc ou par résistance des aciers utilisés normalement dans la construction des ponts et charpentes ne présente plus guère de difficultés, mais au fur et à mesure que des raisons d'économie, de facilité ou d'esthétique en favorisent l'emploi, il devient de plus en plus nécessaire de parfaire les méthodes d'essais et de contrôle de ces modes d'assemblages.

Les cahiers de charges et leurs stipulations quant à la soudure électrique, ne visent en général que la réception des électrodes, le contrôle de la main d'oeuvre et l'examen des cordons déposés ou des points effectués.

Le constructeur consciencieux qui supporte une grave responsabilité civile et morale, se doit d'être infiniment plus sévère et de pousser par des études plus approfondies le contrôle de son travail en vue de sa bonne réussite.

I. La soudure électrique à l'arc.

Modalités d'emploi.

La soudure électrique à l'arc des aciers doux (37—44 kg/mm², 42—50) et demi-durs (St. 52, MS. 60—70, C. 58—65 etc.) de construction, ne s'effectue guère en Belgique que par les électrodes protégées, enduites ou enrobées. La soudure au fil nu est abandonnée dans les assemblages de résistance à cause de la fragilité et de l'oxydabilité du métal déposé dus aux oxydes et aux nitrures qui y sont inclus (SiO₂ état globulaire) ou dissous (FeO et nitrures jusqu'à teneur fixe de 0,12 %).

Le courant alternatif est plus généralement employé que le courant continu car il provoque par des variations de pression, un brassage énergique de la masse en fusion chassant scories et bulles; il exige un arc maintenu court pour des raisons de stabilité d'où production de gouttelettes nombreuses et petites à cause de la concentration de chaleur et protection efficace du métal en fusion.

Les intensités élevées sont spécialement recherchées, tout en restant dans la zone d'arc stable, car elles permettent un accroissement notable de la vitesse de

soudure d'où économie de prix de revient et diminution des tensions internes, une pénétration meilleure, un dépôt de métal sain et sans inclusions.

Choix des électrodes.

Le choix des électrodes convenant pour un ouvrage déterminé est un problème capital, laissé trop souvent au libre arbitre des services commerciaux. Il dépend de la nature de l'acier à souder, des types d'assemblages (rigides semi-élastiques, élastiques), de la position des éléments de résistance, (cordons en bout, frontaux, latéraux, obliques, combinés), de leur place dans l'espace (cordons horizontaux, verticaux, au plafond), de l'endroit où le travail de soudure se fait (atelier, chantier) et même des conditions atmosphériques.

Les types d'électrodes étant déterminés, on a avantage à utiliser les diamètres les plus gros possible compatibles avec l'épaisseur des pièces à souder et la position des cordons. En effet, en admettant une densité de courant convenable, la vitesse de soudure croît en même temps que le rendement du matériel et de la main d'oeuvre et les tensions internes diminuent d'autant.

La main d'oeuvre.

La bonne réussite dépend en grande partie de la qualité et de la conscience professionnelle des ouvriers soudeurs et des surveillants.

Des visites médicales périodiques assureront l'état de santé du personnel et l'on tâchera que le travail se fasse dans des conditions d'hygiène, de salubrité et de commodité.

Chaque semaine ou au maximum chaque quinzaine, soit au début ou en fin de semaine, chaque soudeur effectuera une plaque de contrôle comprenant essais de pliage à froid et éprouvettes en croix destinées à être écrasées sans que les cordons s'altèrent, puis examinées dans leur coupe par l'examen macrographique (fig. 1).

Le métal d'apport.

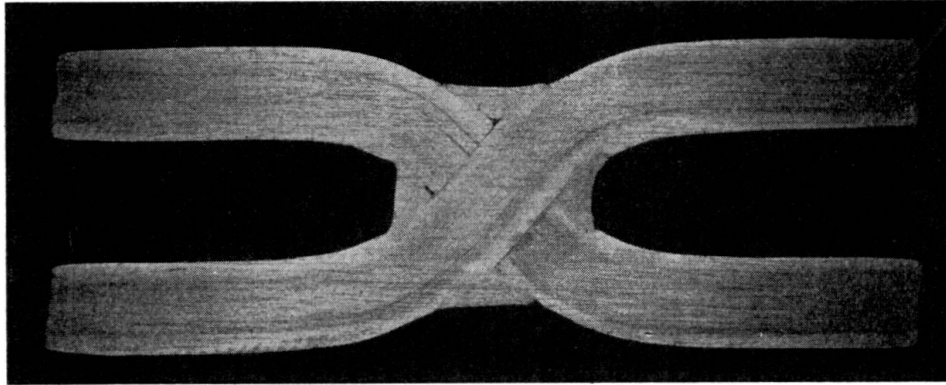
Le métal d'apport doit être examiné dans sa nature par l'analyse chimique (vérification de la constance de qualité); dans sa structure par l'analyse micrographique (influence du mode opératoire sur la grosseur des grains, la pénétration, les inclusions); dans son état de pureté par l'analyse macrographique (inclusions, porosité); dans ses caractéristiques physiques par des essais mécaniques sévères (l'allongement de rupture étant le critère de qualité). Cf. fig. 2, 3, 4 et 5, exemple d'étude de soudure sur acier au carbone Ougrée 58—65 kg et électrodes Arcos Stabilend.

Les assemblages soudés.

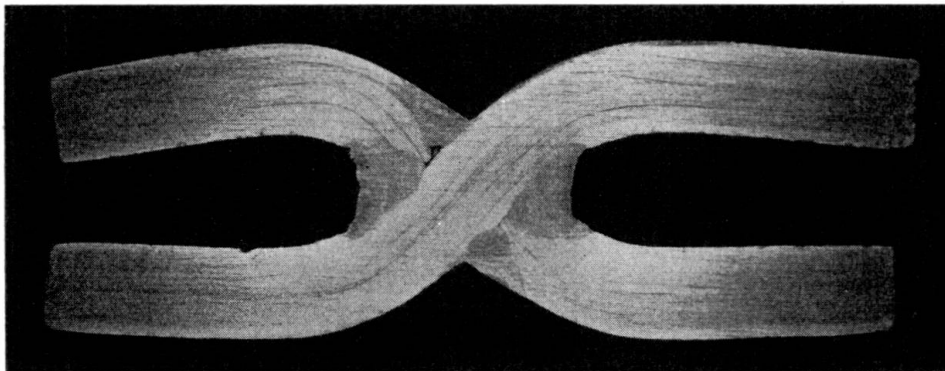
Ce qui intéresse le constructeur n'est pas cependant la seule tenue du métal déposé mais la résistance de l'assemblage soudé aux efforts et aux agents corrosifs de l'atmosphère.

Les éprouvettes pour l'étude de la soudabilité d'un acier présentent à ce sujet un grand mérite parce qu'elles se rapprochent des conditions pratiques de travail,

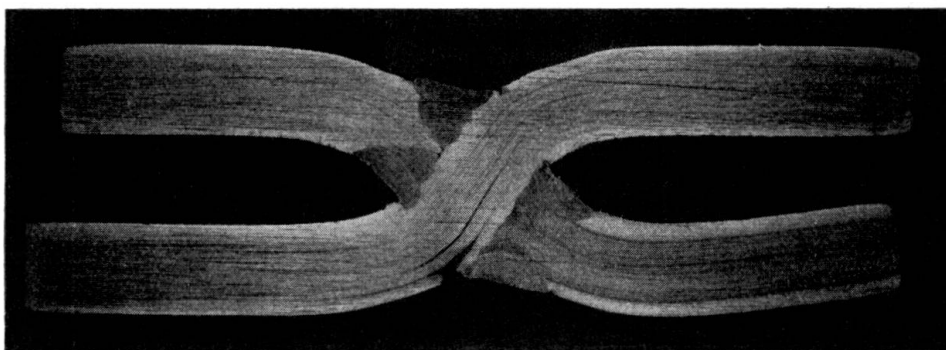
tout en donnant des résultats absolument précis sur leur comportement à la traction (avec détermination de la limite élastique) et au choc (éprouvettes de résilience *Mesnager* ou *Charpy*).



Soudures avec électrodes de $\phi = 4$ mm. Intensité: 190 ampères.



Soudures en chanfrein avec électrodes de $\phi = 6$ mm. Intensité: 250 ampères.



Soudures en chanfrein avec électrodes de $\phi = 8$ mm. Intensité: 500 ampères.

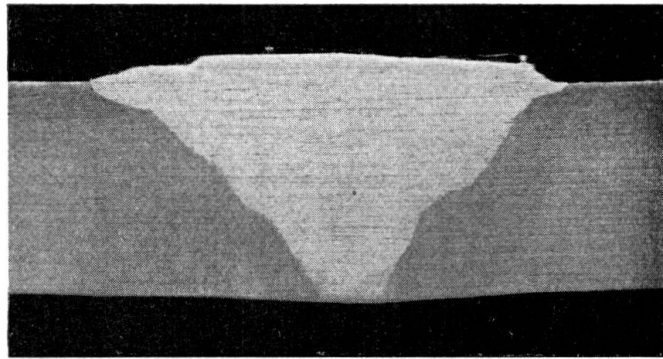
Fig. 1.

Eprouvettes en croix; après écrasement les cordons doivent rester intacts.

Il est ensuite nécessaire de vérifier le taux de résistance des cordons des divers types envisagés par le bureau d'études dans les conditions même de réalisation et de fatigue et d'en étudier les propriétés de déformation avant d'atteindre la limite élastique.

Fig. 2a.

Etude d'un joint soudé.



Analyse chimique.

Acier à 58—65 kg		Electrodes „Arcos Stabilend“ métal déposé	
C.	0,310	C.	0,080
Mn.	0,836	Mn.	0,430
P.	0,060	P.	0,014
Si.	0,075	Si.	0,015
S.	0,037	S.	0,032

Essais mécaniques.

Charge de rupture	58 kg/mm ²	50 kg/mm ²
Limite élastique	38 kg/mm ²	36 kg/mm ²
Allongement de rupture	24 %	28 %
Résilience	6 kgm/cm ²	10,6 kgm/cm ²

Résultats moyens sur 80 essais.

Fig. 2b.

Sondages à la fraise.

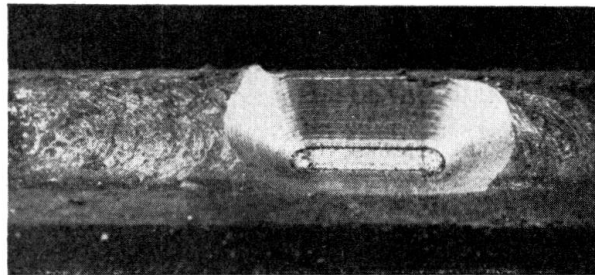


Fig. 2.

Etude d'une éprouvette soudée en courant alternatif avec des électrodes «Arcos Stabilend»
le métal de base étant de l'acier à 58—65 kg.

Plaque de réception sur acier 37—44 kg (24 essais),			Plaque de réception sur acier 58—65 kg (24 essais).		
Charge de rupture	min.	50 kg/mm ²	Charge de rupture	min.	55 kg/mm ²
	max.	56 kg/mm ²		max.	69 kg/mm ²
	moy.	54 kg/mm ²		moy.	58,5 kg/mm ²
Résilience	min.	8,9 kgm/cm ²	Résilience	min.	5,52 kgm/cm ²
	max.	12,6 kgm/cm ²		max.	8,27 kgm/cm ²
	moy.	11 kgm/cm ²		moy.	6,7 kgm/cm ²
Pliage sur mandrin $\phi = 3 \cdot e$. Bons à 180°.			Pliage sur mandrin $\phi = 5 \cdot e$. Bons à 180°.		

Fig. 3.

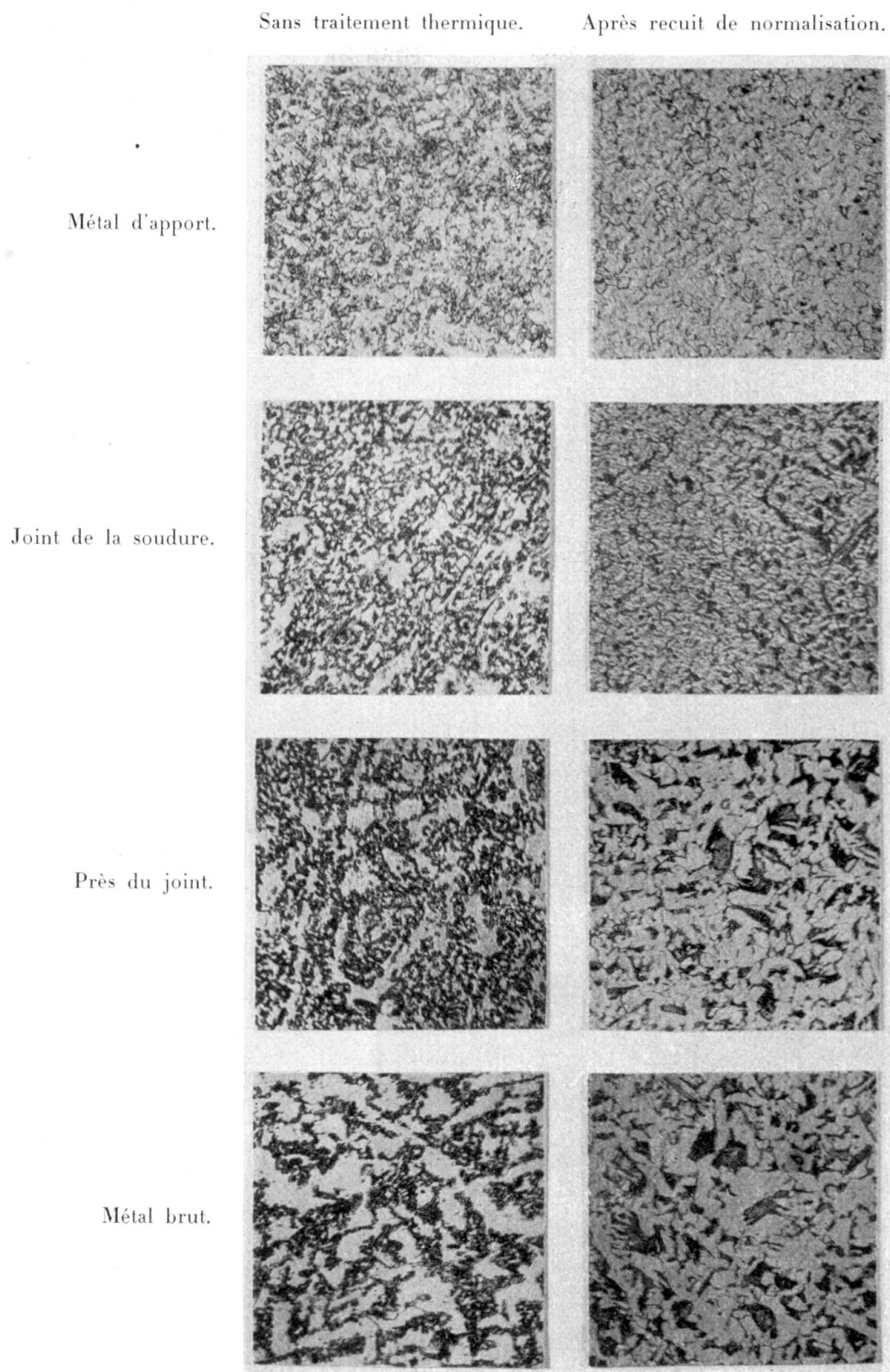


Fig. 4.

Etude micrographique d'un joint soudé.

Acier au carbone 58—65 kg. Electrode: Arcos-Stabilend.

Le mode de répartition des tensions peut se faire par la méthode tensométrique sur modèle réduit ou en grandeur tel qu'il a été effectué par le professeur *Campus* sur les noeuds soudés de la charpente des Instituts de Chimie et de Génie civil (Université de Liège).

L'examen visuel des cordons par un surveillant spécialisé est le premier des moyens de contrôle: les cordons déposés sont poinçonnés par le soudeur d'un

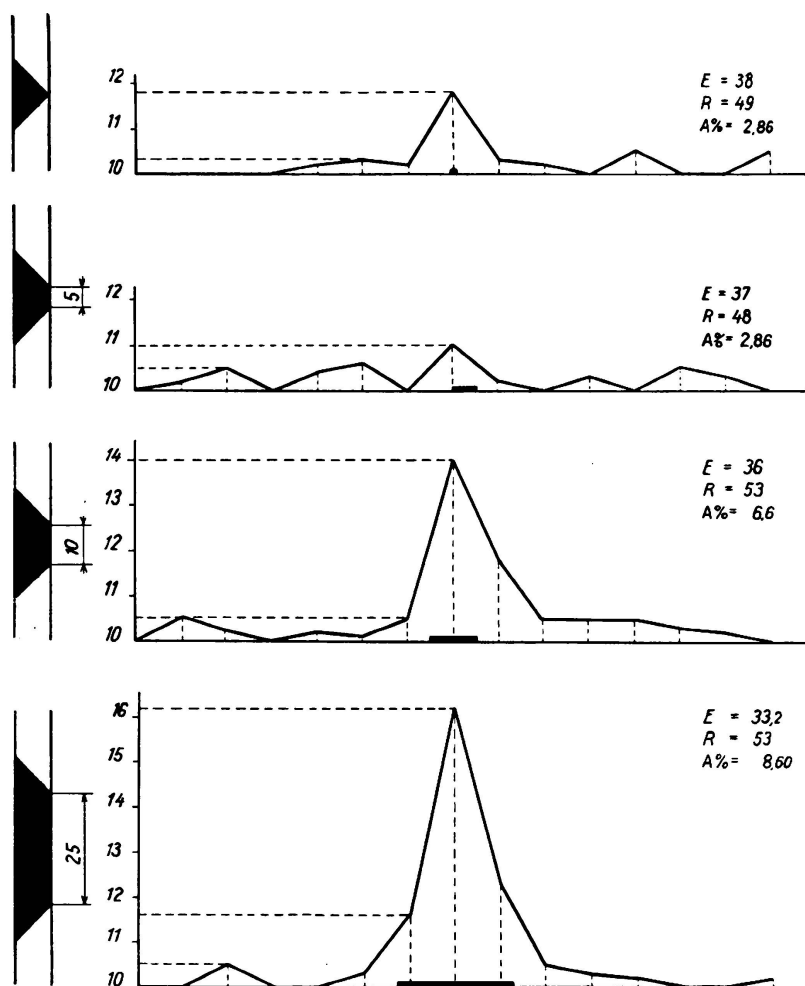


Fig. 5.

Essais de traction sur éprouvettes méplates de 100 mm^2 de section et de 140 mm de long en faisant varier la quantité de soudure; avec mesure des allongements de rupture de 10 en 10 mm. Acier au carbone 58—65 kg. Electrodes: Arcos-Stabilend.

Remarquer la répartition des allongements et le faible allongement total.

Une éprouvette témoin en tôle donne 20 ‰.

numéro les identifiant ce qui le rend responsable de son travail même si les malfaçons n'apparaissent que longtemps après l'exécution. Note en est tenue dans un registre spécial où l'on indique également toutes remarques utiles.

Des sondages à la fraise dans les cordons posés peuvent donner d'utiles résultats tout au début d'une mise en fabrication pour juger des pénétrations, des reprises, etc. Plus tard, ce procédé destructif ne présente plus guère qu'un intérêt secondaire: l'effet moral sur l'ouvrier qui se sent surveillé.

Le contrôle au stéthoscope est inefficace dans les cas d'utilisation envisagés.

Le contrôle magnétographique basé sur l'examen des déformations produites par la soudure sur les lignes de force d'un champ magnétique créé par un aimant ou par la mesure des variations de ce champ, peut donner dans certains cas spéciaux des renseignements précieux, notamment dans l'examen préalable d'éprouvettes avec soudure en bout. L'augmentation de résistance magnétique dans la soudure aux zones déficientes (cassures, soufflures, collages) se marque dans les lignes de force du spectre.

Les métallosopes licence *Giraudi* donnent des résultats remarquables dans l'examen de pièces de petites dimensions car l'intensité du champ doit être telle qu'elle les porte à saturation; un liquide contenant en suspension des oxydes métalliques magnétiques déversé sur elles, est attiré aux points où le flux se disperse dans l'air, et dessine à leur surface une projection des défauts contenus en profondeur.

Le contrôle par radiométallographies qui consiste à photographier les lignes de soudure à l'aide des rayons X est le seul efficace et rendu pratique à ce jour. L'intensité des rayons doit être graduée en fonction de l'épaisseur des pièces et des dimensions des défauts à déceler. Les appareils Métalix Macro-Radiographiques Philips fixes ou montés sur remorque automobile permettent une pénétration des rayons X de 80 mm dans l'acier, l'intensité électronique étant réglée par rhéostat et la protection des opérateurs absolument assurée (fig. 6, 7, 8 et 9).

II. La soudure par points.

Modalités d'emploi.

La soudure électrique par résistance, système par points, n'est guère utilisée à ce jour que dans la construction même de poutres, grilles ou éléments secondaires de la construction des ponts et charpentes. Son emploi prendra cependant de plus en plus d'extension.

La bonne exécution d'un point soudé dépend en tant qu'opération de soudure de 3 conditions: la température de la zone soudante, le temps et la pression exercée sur les pièces à assembler pendant et à la fin de l'opération.

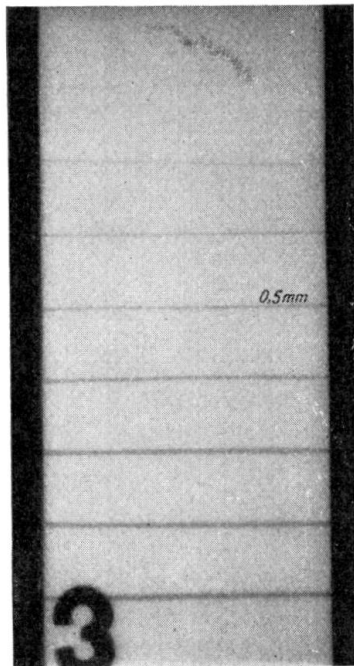
La température du métal à l'endroit de la soudure est difficilement mesurable directement; le temps de soudure doit parfois être extrêmement court ($1/50^3$ de seconde pour les aciers inoxydables 18/8 afin d'éviter certaines transformations chimiques du métal) et variable suivant l'état des pièces; la pression est maintenue constante pour un cas déterminé et réglée par un mécanisme mécanique, pneumatique, hydraulique ou électrique.

Les intensités très élevées agissant pendant des temps très courts avec suppression automatique agissant aussitôt après interruption du courant, donnent les résultats pratiques les meilleurs.

Le contrôle.

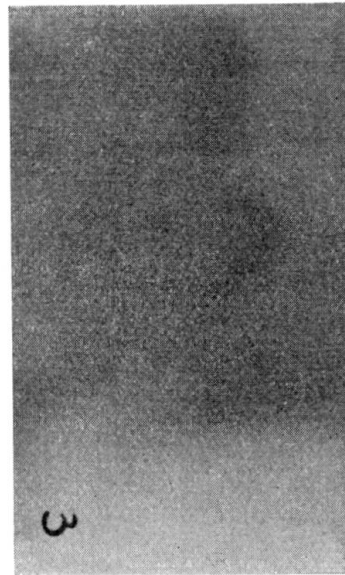
Le contrôle de la soudure par des interrupteurs appropriés interrompant le courant au moment convenable donne actuellement des résultats très satisfaisants.

Les interrupteurs à temps constant ne compensent pas les irrégularités dans tous les cas où les résistances varient suivant l'état d'oxydation des pièces et les



Radiographie.

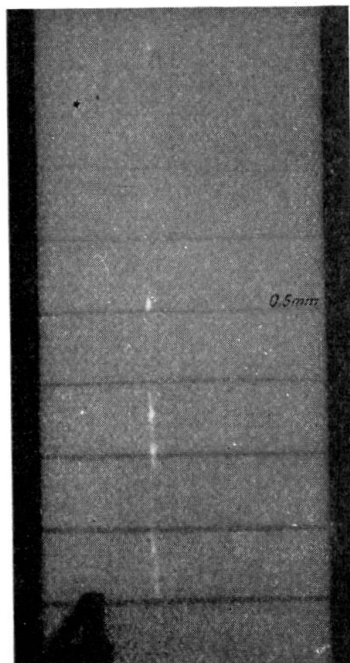
(Exposition: 10 minutes. 70 KV. 4 m A.
Reconnaissance de défauts de 0,1 mm).



Spectre magnétique.

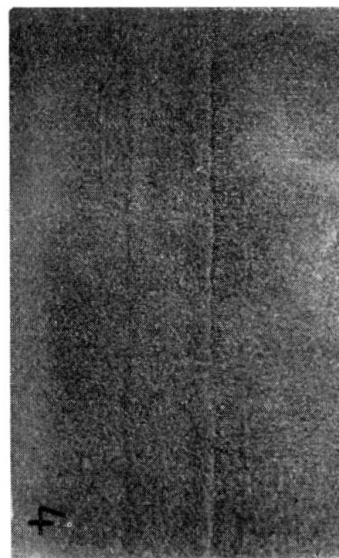
Fig. 6.

Joint soudé en V. Epaisseur: 10 mm. Electrodes: Esab. OK. 47 Acier doux.
Soudure saine.



Radiographie.

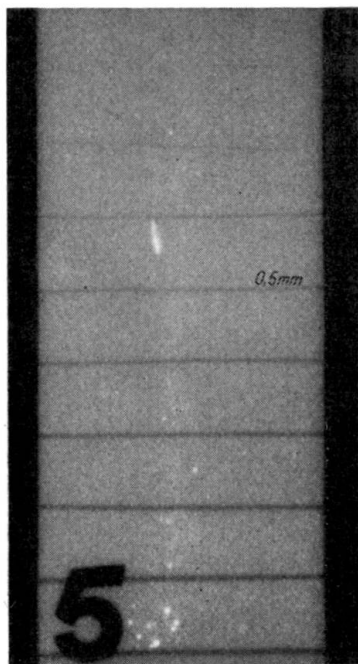
(Exposition: 15 minutes. 70 KV. 4 m A.)



Spectre magnétique.

Fig. 7.

Joint soudé en V. Epaisseur: 10 mm. Electrodes: Esab. O.K. 47.
Acier au carbone: 58--65 kg. On remarque une fêlure longitudinale de retrait.
La soudure paraissait parfaite extérieurement.



Radiographie.

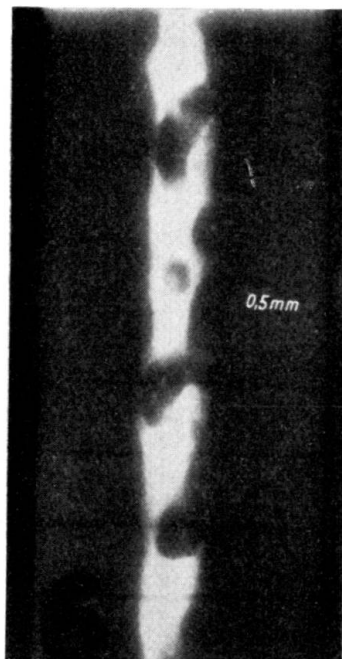
(Exposition: 15 minutes. 70 KV. 4 m A.)



Spectre magnétique.

Fig. 8.

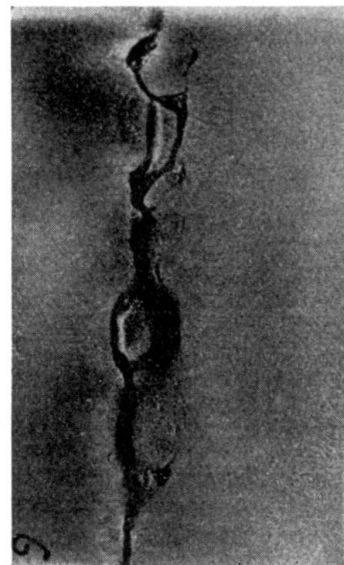
Joint soudé en V. Epaisseur: 10 mm. [Electrodes: Arcos-Veloxend.
Porosités de l'ordre de 0,1 mm à 0,2 mm, dues a une intensité de courant exagérée.



Radiographie.

(Reconnaissance possible de défauts $> 0,3$ mm.)

Exposition: 4 secondes. 90 KV. 4 m A.)



Spectre magnétique.

Fig. 9.

Joint soudé en V. Epaisseur: 10 mm. Electrodes: Arcos-Veloxend.
On remarque une cavité sur toute la longueur du cordon avec des gouttes
métalliques entourées de laitier.

variations d'accostage car ils sont basés sur le principe que la température de soudure restera constante pour deux opérations successives, ce qui n'est vrai que si la force électromotrice induite dans le secondaire est constante et la somme des résistances de contact pièces-électrodes a la même valeur à chaque instant: résultats qui ne sont obtenus que pour des tôles absolument propres avec une résistance à l'accostage et une tension d'alimentation constantes.

Les interrupteurs à intensité minimum constante coupent le courant lorsque l'intensité du courant passant dans la soudure atteint une valeur déterminée. Ils sont d'un réglage délicat et dépendent de la tension d'alimentation.

Les interrupteurs compteurs d'ampères-seconde coupent le courant d'alimentation lorsqu'un nombre déterminé d'ampères-seconde a traversé la machine. On constate que le rapport entre l'intensité passant dans le transformateur et la puissance fournie à la soudure varie constamment et dépend essentiellement de l'état de la surface des pièces, de la pression réelle et de la variation de celle-ci pendant la soudure.

Les interrupteurs wattmétriques mesurent la puissance réelle fournie à la machine ou une fonction de cette puissance. Il est préférable qu'ils soient installés sur le secondaire et la tension aux électrodes car ils sont ainsi plus précis mais ils demandent un transformateur d'intensité et un branchement compliqué.

Un contrôleur enregistreur et sonore imprime à chaque point de soudure sur une bande de papier, un arc représentant une fonction de la puissance fournie, test de la qualité du point. En cas d'accident, mauvais contacts, conducteurs mal connectés, réglages défectueux, chutes de tension etc., une sonnerie avertit le surveillant et la soudeuse s'arrête jusqu'à ce que les conditions redeviennent normales.

On ne doit utiliser que des pièces à souder propres et autant que possible meulées ou sablées.

Les points soudés.

Les points soudés doivent être examinés au laboratoire par l'analyse micrographique surtout dans le cas d'emploi d'aciers à teneur en cuivre, en nickel ou

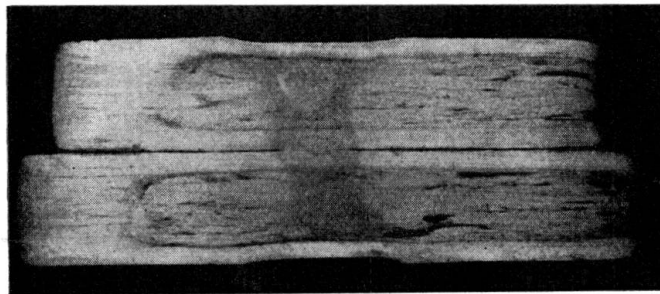
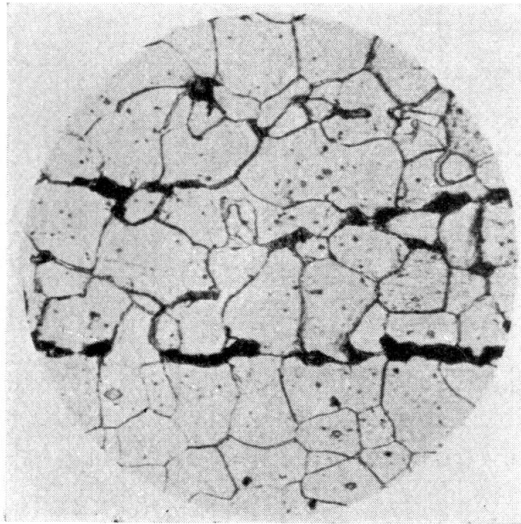


Fig. 10a.

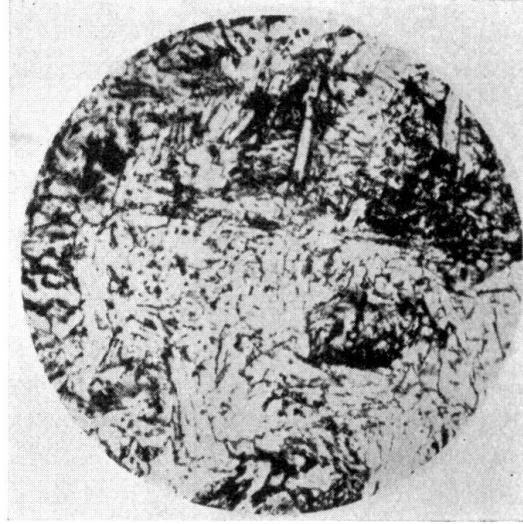
Macrophotographie d'un point soudé. Acier: 42—50 kg.

en chrome. Les impuretés qui se trouvaient à la zone de contact restent englobées dans le métal fondu et s'y concentrent (fig. 10).

Les essais préalables au cisaillement sont nécessaires et l'on peut être assuré avec les appareils modernes munis d'interrupteur wattmétrique d'une constance des résultats. Le temps de soudure étant toujours relativement très court et par



Métal brut.



Métal dans la zone soudée.

Fig. 10b.

Etude micrographique d'un point soudé. Acier: 42 - 40 kg.

conséquent de bas prix, le nombre des points sera calculé largement afin d'utiliser un taux de travail faible. Il résulte de la pratique que jusqu'à des épaisseurs de l'ordre de deux fois dix millimètres la sécurité de la soudure est du même ordre que celle d'une rivure correspondante.