

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Le soudage de l'acier à haute résistance "Roxor"

Autor: Brebera, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-3028>

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: 06.10.2024

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

II c 2

Le soudage de l'acier à haute résistance „Roxor“.

Das Schweißen von hochwertiger Stahlbewehrung „Roxor“.

The Welding of „Roxor“ High Tensile Steel.

A. Brebera,

Ingenieur, Obersektionsrat im Ministerium für öffentliche Arbeiten, Prag.

L'introduction de l'acier « Roxor »¹ représente un grand progrès dans le développement de la construction de béton armé. L'emploi approprié de cet acier à haute résistance comme armature ainsi que l'exécution de bétons de qualité ont permis d'ériger des ouvrages de béton armé d'une portée qui dépasse souvent la longueur habituelle des fers.

Chaque construction d'une portée plus grande présente par conséquent un grand nombre de joints dans les armatures.

Jusqu'à ce jour on réalisait ces joints par un simple recouvrement des fers sur une certaine longueur. Pour rendre un tel joint tout-à-fait agissant, il est nécessaire d'enrober les armatures de béton. Cet enrobage des joints par le béton ainsi que le bétonnage entre les fers exigent de plus grandes distances entre les fers et par conséquent aussi des poutres de largeur plus grandes.

Le règlement officiel ne permet pas un recouvrement pour les fers de plus de 32 mm, ce qui fait qu'il serait impossible d'exécuter des constructions d'une plus grande portée. Il était par conséquent nécessaire de trouver un autre type de joint qui permette une liaison complète des deux barres sur toute la section et sans affaiblissement.

Seul le soudage des deux barres a apporté une solution satisfaisante à cette question importante.

La plupart des règlements actuels concernant les constructions soudées ne tiennent compte que des aciers à résistance normale. Pour le soudage des aciers à haute résistance et par conséquent de l'acier « Roxor », il n'existe aucune prescription et nous avons dû étudier cette question à fond.

L'acier « Roxor » à haute résistance est obtenu en relevant un peu la teneur en carbone par rapport à l'acier ordinaire C 37 (max. 0,22 % C), c'est pourquoi on a introduit quelques éléments tels que le silicium (max. 0,90 % Si), le manganèse (max. 0,50 % Mn) et le cuivre (max. 0,50 % Cu). Le soufre et le phosphore restent dans la même proportion.

¹ Voir la Publication Préliminaire, page 249.

L'acier «Roxor» que l'on obtient ainsi possède les propriétés mécaniques suivantes:

limite apparente d'élasticité minima	38 kg/mm ²
résistance à la traction minima	50 kg/mm ²
allongement minimum	20 %

Le choix des électrodes joue un rôle très important dans le soudage de l'acier «Roxor». Le métal d'apport que l'on obtient doit posséder les mêmes qualités que le métal de base. C'est pourquoi on a choisi les *électrodes Arcos-Superend*; on en a déterminé la limite apparente d'élasticité, la résistance à la traction, l'allongement et la résilience d'après les prescriptions spéciales pour le soudage des ponts métalliques, édictées par le Ministère des Travaux Publics. Les résultats de ces essais sont contenus au tableau I.

Tableau I.

Essai du métal d'apport provenant des électrodes
« Arcos-Superend ».

	min.	moy.	max.
limite apparente d'élasticité	40,7	49,7	56,4 kg/mm ²
résistance à la traction	50,7	57,0	63,3 kg/mm ²
allongement ($l_0 = 5d$)	18,0	19,5	20,4 %
striction	29,9	39,2	50,1 %
résilience (Mesnager)	5,0	6,6	7,9 mkg/cm ²

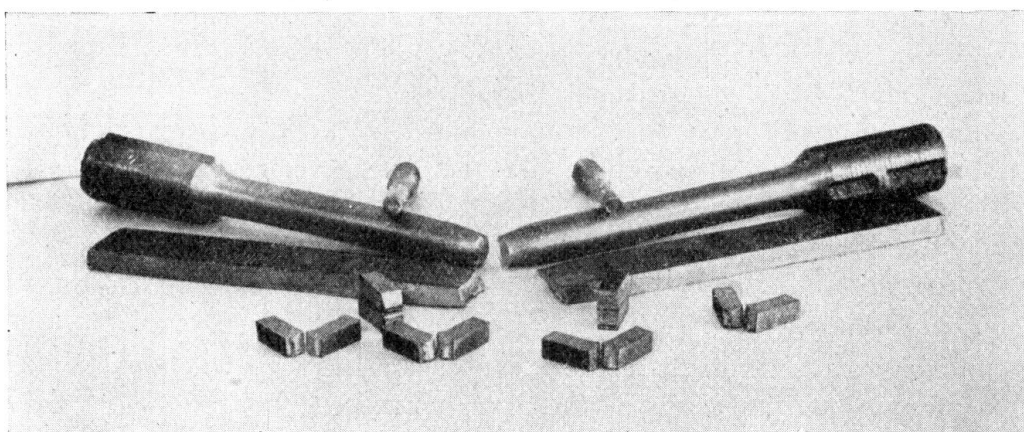


Fig. 1.

Essais du métal de base.

Ces valeurs montrent qu'un métal d'apport appliqué entre deux tôles d'acier «Roxor» dont les caractéristiques correspondent aux valeurs minima prescrites indiquées au tableau II, possède les mêmes qualités que le métal de base (fig. 1).

Tableau II.

Essai de l'acier «Roxor».

	moy.	prescrit
limite apparente d'élasticité	41,7	38 kg/mm ²
résistance à la traction	58,5	50 kg/mm ²
allongement ($l_0 = 10d$)	22,6	20 %
striction	53,7	— %
résilience (Mesnager)	11,0	— mkg/cm ²

Outre l'essai des électrodes on a déterminé la résistance à la traction de la soudure sur des éprouvettes constituées de deux tôles d'acier «Roxor» de 12 mm d'épaisseur soudées perpendiculairement au sens de laminage (fig. 2). De plus,

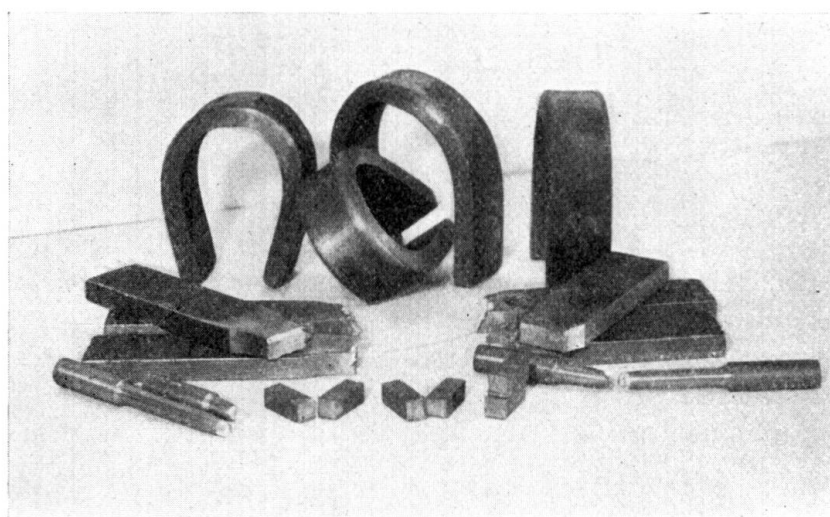


Fig. 2.

Essais des soudures.

on a déterminé l'angle de pliage et l'allongement des fibres extrêmes de la soudure. Ces essais ont en même temps servi au contrôle des soudeurs. Les résultats obtenus sont donnés au tableau III.

Tableau III.

Essai de tôles «Roxor» soudées.

	min.	moy.	max.
résistance à la traction	50,5	59,8	65,7 kg/mm ²
angle de pliage	180°	180°	180°
allongement des fibres extrêmes	16,0	18,8	22,0 %

Après ces essais on a passé au soudage des fers d'armature en acier «Roxor»; ces derniers possèdent une section en forme de croix et des nervures à leur surface afin d'en augmenter l'adhérence.

Les essais de soudage furent exécutés sur des barres «Roxor» de 60 mm de diamètre (du cercle circonscrit), car ce diamètre est très souvent utilisé pour les ponts à grande portée.

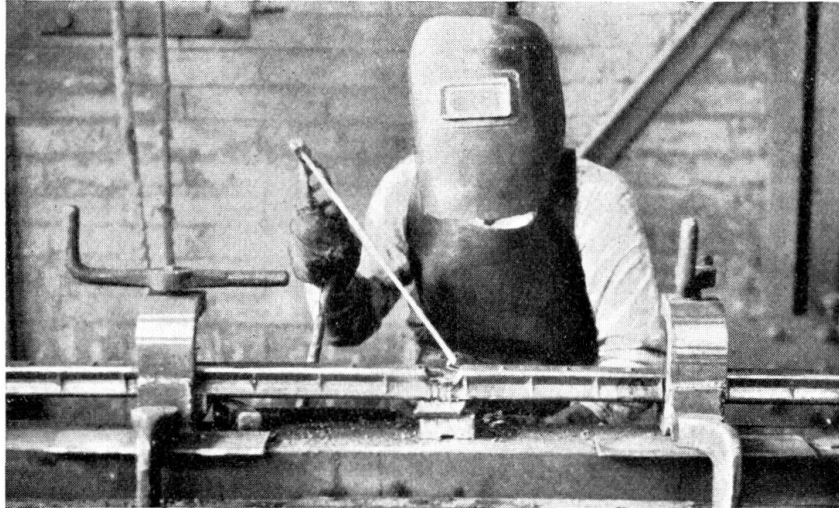


Fig. 3.

Barre «Roxor» prête à être soudée.

Après le chanfreinage des extrémités des deux barres à souder, ces dernières furent fixées au moyen d'étau spécial (fig. 3) et elle furent soudées par cordon en V grâce à des électrodes Arcos-Superend (fig. 4).

Les résultats de tous les essais effectués sur des barres «Roxor» soudées sont représentés graphiquement à la fig. 5. Il est à remarquer que les soudures ne

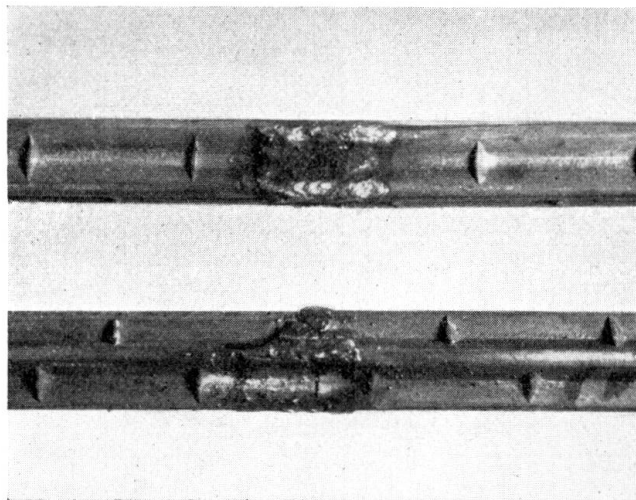


Fig. 4.

Barres «Roxor» soudées.

furent pas usinées. Les valeurs moyennes des essais avec leurs maxima et leurs minima sont données au tableau IV. La rupture s'est produite dans toutes les barres en dehors de la soudure.

Tableau IV.

Essais effectués sur des barres «Roxor» soudées.

	min.	moy.	max.
limite apparente d'élasticité	39,4	40,1	40,6 kg/mm ²
résistance à la traction	55,7	57,4	58,5 kg/mm ²
allongement ($l_0 = 11,3 \sqrt{F}$)	22,8	26,1	28,5 %
striction	33,8	47,9	51,4 %
angle de pliage	180°	180°	180°
allongement des fibres extrêmes	6,2	10,3	12,1 %

Afin que, lors du soudage des barres «Roxor» sur le chantier, la chaleur ne se propage pas plus rapidement que dans les petites éprouvettes employées généralement dans les essais et afin qu'il ne se produise pas de fissures dans les soudures, on a choisi des éprouvettes de $2 \times 1,25 = 2,50$ m de longueur. On a constaté au cours du soudage que le chauffage des barres ne s'étend que jusqu'à 0,50 m de la soudure, ce qui peut s'expliquer par la grosse section des éprouvettes (17,34 cm²).

Outre les essais de traction on a exécuté aussi des pliages à froid sur les barres «Roxor» soudées (fig. 6); les valeurs obtenues correspondaient aux prescriptions. Afin de déterminer l'allongement des fibres extrêmes et l'adhérence du métal de base on a usiné quelques barres à l'endroit de la soudure. Les résultats de cet essai sont aussi indiqués au tableau IV. Le diamètre intérieur de pliage est égal à 5 fois ou 6 fois le diamètre de la barre «Roxor».

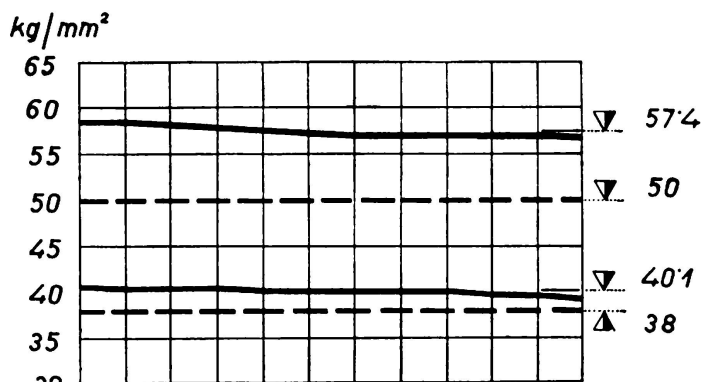


Fig. 5.

Résultats des essais de traction effectués sur des barres «Roxor» soudées (résistance à la traction et limite apparente d'élasticité en kg/mm²).

Les figures 7 et 8 sont des vues macroscopiques et microscopiques de la section longitudinale d'une barre «Roxor» de 60 mm soudée.

A la fig. 7 on voit en partie, entre le métal d'apport et le métal de base, la bande de métal recristallisé. Les cristaux de soufre et de phosphore sont uniformément répartis dans le métal de base et ne forment aucun amas. La soudure elle-même est tout-à-fait exempte de tels cristaux.

Les cristaux blancs de la fig. 8 sont pratiquement du fer pur (férite), les taches sombres sur leur pourtour sont de la perlite (férite + cémentite $F_{c_3}C$). La structure de l'acier «Roxor» est caractérisée par des grains de férite petits et de même grandeur, d'où résultent les bonnes propriétés mécaniques de ce matériau. Dans la zone de transition, la structure varie régulièrement et se transforme en une structure de férite tout-à-fait régulière et à grains fins, de telle sorte que la

transition du métal de base au métal d'apport est imperceptible. La modification du métal de base, engendrée par la soudure, fut déterminée en outre d'après

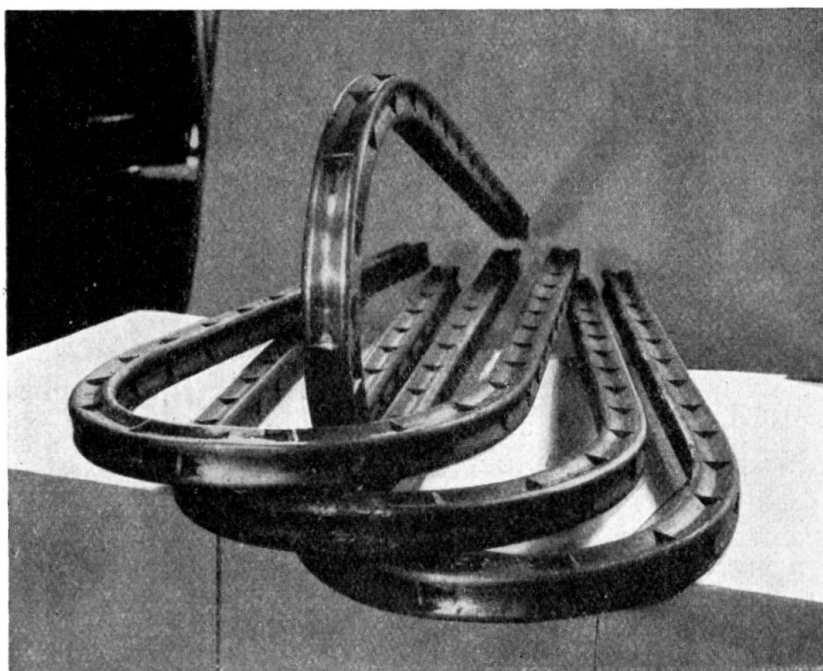


Fig. 6. Barres «Roxor» soudées soumises à l'essai de pliage.

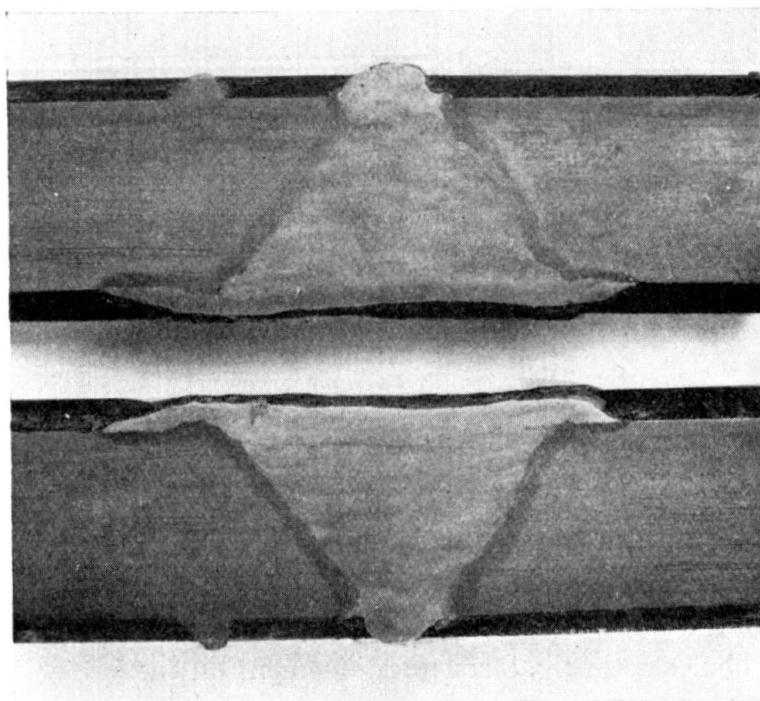


Fig. 7. Coupe longitudinale d'une barre «Roxor» soudée.

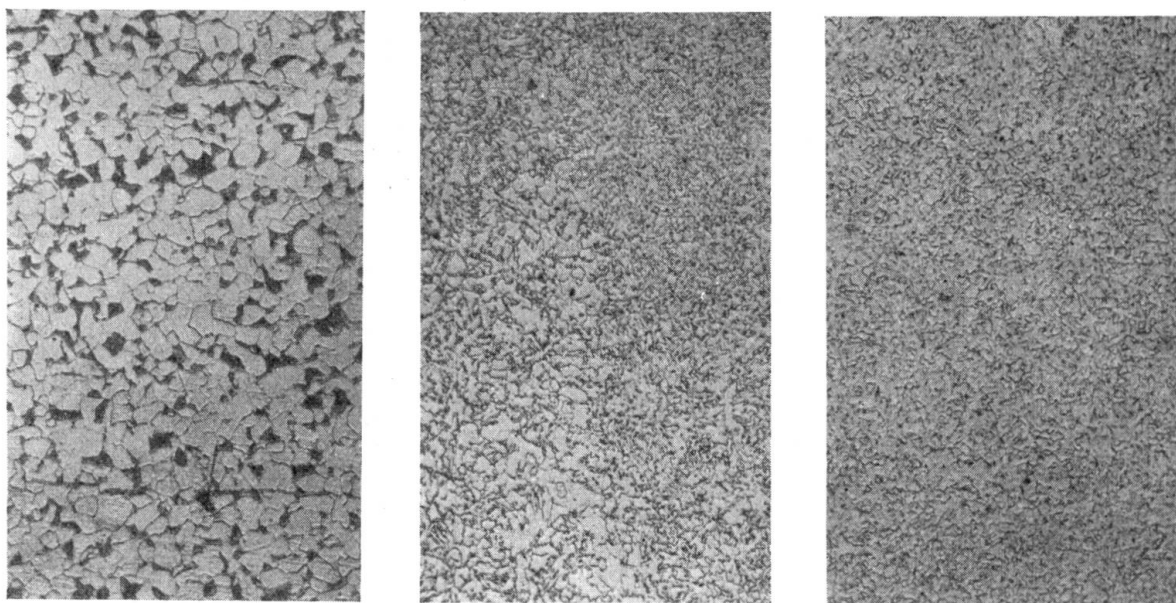
Brinell avec une bille de 10 mm de diamètre et une pression de 3000 kg (fig. 9).
Pour un diamètre de la calotte

$$d < 4,80 \text{ mm on a } P = 0,345 H$$

$$\text{et } d > 4,80 \text{ mm on a } P = 0,342 H$$

où P est la résistance à la traction en kg/mm^2 et H la dureté d'après Brinell en kg/mm^2 .

Il ressort du tableau V, qui contient les résultats de ces essais, que la dureté du métal de base non modifié correspond à sa résistance à la traction, déterminée par l'essai de rupture. Dans les zones de transition, on constate un accroissement de la dureté du métal en rapport avec la variation de structure résultant de la chaleur engendrée par l'arc électrique. La dureté du métal croît donc lorsque



métal de base

zone de transition

métal d'apport

Fig. 8. Structure d'une barre «Roxor» soudée, agrandissement de 100 fois.

la structure de la soudure devient plus fine. C'est ainsi que l'on peut expliquer l'allongement plus faible dans la soudure (en moy. 10,3 %) par rapport à l'allongement des barres (en moy. 26,1 %).

Tableau V.

Influence du soudage sur l'acier «Roxor».

Résistance à la traction	moy.
du métal de base en kg/mm^2 55,5; 55,2; 56,7; 55,5; 55,2; 55,5	55,7
du métal de la zone de transition en kg/mm^2 58,7; 69,3; 68,0; 60,0	65,9
du métal d'apport en kg/mm^2 65,9; 66,6; 72,1; 67,6; 67,6	70,0

Sur la base des résultats favorables des essais exécutés, *il est possible d'autoriser en principe les joints soudés dans les barres «Roxor»*, sans que le coefficient

de sécurité prescrit pour les barres sans joint en souffre. *La section des barres «Roxor» soudées peut être admise comme complète dans le calcul, même à l'endroit du joint.*

Le soudage des barres «Roxor» doit être effectué par des soudeurs officiellement contrôlés et seulement en utilisant les *électrodes Arcos-Superend* employées

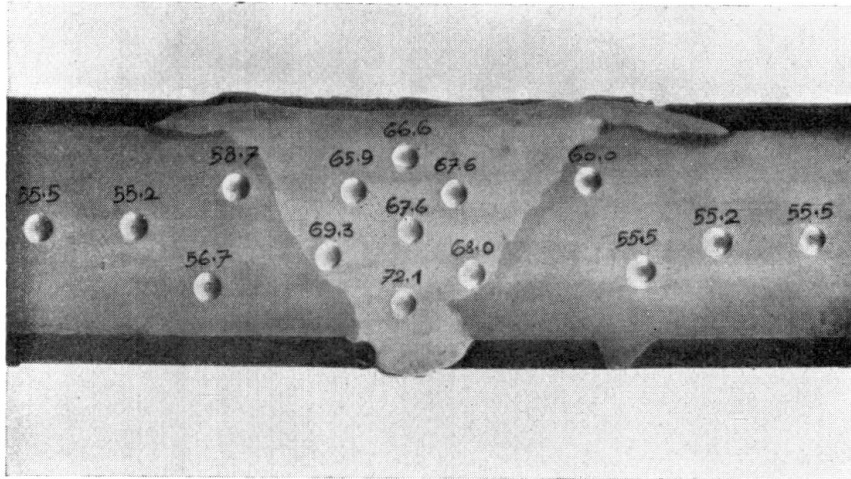


Fig. 9.

Essai de Brinell sur une barre «Roxor» soudée.

pour les essais. Avant d'utiliser d'autres électrodes, il est nécessaire d'exécuter de nouveaux essais.

Pour éviter le refoulement des barres soudées, par suite du plus grand retrait à la surface du cordon en V, il est recommandable de fixer les deux barres à souder avec un petit relèvement dans les étaux.

Ces essais ont permis en même temps d'acquérir des connaissances sur le comportement au soudage des autres aciers à haute résistance, comme par exemple le comportement de l'acier C 52.