

SOUDAGE PAR RESISTANCE DE RONDS A BETON APRES TRAITEMENT THERMIQUE RAPIDE

JANOS DOBRANSZKY, JANOS PROHASZKA (ACADEMIE DES SCIENCES DE HONGRIE)

C'est surtout l'économie que l'on recherche en procédant à un traitement thermique rapide. Les ronds à béton produits de cette manière peuvent ensuite être soudés sans perte de caractéristiques mécaniques. Il faut toutefois des conditions de soudage un peu particulières.

1/INTRODUCTION

Dans les Etats industriellement développés, pour les fils destinés au béton armé, la tendance actuelle est de faire de plus en plus appel à la catégorie des aciers à haute résistance. La limite d'élasticité de ceux-ci atteint et parfois dépasse 500 MPa et leur charge de rupture à la traction est comprise entre 600 et 800 MPa.

Toutefois, le soudage par bossages de ces aciers à haute résistance se heurte à de sérieuses difficultés. En effet, pour la production des aciers à béton armé à haute résistance (ABAHR), on a recours presque exclusivement aux additions. On augmente surtout la teneur en carbone (0,3-0,82%). Si elle est inférieure à 0,3% on ajoute 0,3% de Cr, de Cu et de Ni ainsi que 0,1% de Mo. Il est encore notoire, qu'on peut former un microalliage par ajout de Al et N ou Ti, V, Zr. Finalement on met souvent en jeu des alliages plus traditionnels pour atteindre la résistance désirée : 0,2-0,3% de carbone, 1,5-1,9% de manganèse et 0,4-0,7% de silicium.

L'augmentation de la résistance par additions accroît significativement le prix de l'acier mais, et c'est le plus important dans notre cas, la soudabilité s'en trouve extrêmement affectée. En effet, avec les compositions présentées ci-dessus, le risque de fissuration lié au refroidissement de la zone chauffée va augmenter fortement, ainsi que la sensibilité à la corrosion sous tension dans les milieux carbonatés.

Le procédé par traitement thermique rapide (TTR), exclut d'emblée ces risques et, de surcroît, il permet de produire au moindre coût les ABAHR. Tout cela est dû au fait que l'on peut par cette technique, changer les propriétés d'un acier non allié, afin qu'elles deviennent équivalentes à celles des ABAHR.

2/ACIER EXPERIMENTE

Dans les expériences de traitement thermique et de soudage relatées ci-après, l'acier à béton armé utilisé est un laminé à chaud, appelé RSt 37-2 dans la norme DIN

17121, dont le diamètre est de 5,5mm. Cet acier est conforme à l'acier français FeE 24 (NF A 35-011) et à l'acier hongrois B 38.24 (MSZ 339-87). Sa composition chimique et ses propriétés mécaniques sont données dans le tableau 1.

Tableau 1

C	Mn	Si	P	S
0,10	0,43	0,11	0,015	0,021
Rm [MPa]		Re [MPa]		A [%]
425		290		38

3/AUGMENTATION DE LA RESISTANCE PAR TRAITEMENT THERMIQUE RAPIDE

Cette technologie est déjà amplement exposée dans d'autres publications, c'est pourquoi seuls les éléments les plus importants seront soulignés ici. Par rapport aux traitements thermiques courants, dans le cas présent la vitesse d'échauffement de l'acier est substantiellement augmentée; il s'ensuit que la durée d'austénitisation est beaucoup plus réduite, ce qui signifie que le phénomène d'austénitisation est très faible. Ensuite on utilise différentes conditions de refroidissement (au niveau de la durée et de l'intensité) pour obtenir les propriétés mécaniques désirées.

Le diagramme de traitement thermique rapide (TTR-diagramme) de la figure 1, présente les modifications obtenues en fonction d'un paramètre (temps, distance).

Les flèches indiquent les propriétés mécaniques avant le traitement thermique. Sans détailler, on se doit de souligner l'augmentation importante de la charge de rupture et la forte valeur atteinte par le rapport Re/Rm. La ligne verticale correspond aux propriétés obtenues, par cette méthode, pour l'acier qui a été choisi en vue du soudage. On peut comparer la microstructure de cet acier, avant et après le traitement thermique rapide, sur les figures 2 et 3.

Janos Dobranszky, Janos Prohaszka (Groupe de Recherche de Technologie des Metaux de l'Academie des Sciences de Hongrie)

4/SOUDAGE PAR RESISTANCE PAR BOSSAGES DE L'ACIER TRAITÉ

Au cours des expériences, on a fixé la valeur du paramètre « temps de soudage (ts) » à 10 périodes (0,2s). Ainsi, on a cherché à minimiser l'effet du cycle thermique dans la zone chauffée. L'effort de pression (Fe=4kN) a été calculé en considérant le diamètre équivalent. Quant au courant de soudage, il a été déterminé par une série d'essais, dont les résultats ne sont pas exposés ici. C'est la valeur : Is=6,8-7,3kA qui s'est avérée la plus convenable, du point de vue des caractéristiques de résistance du joint soudé, du grossissement minimal du grain et de la diminution relative des diamètres des fils au droit de l'assemblage. Les expériences ont été exécutées dans le laboratoire de soudage du Département de Technologie Mécanique de l'Université Technique de Budapest.

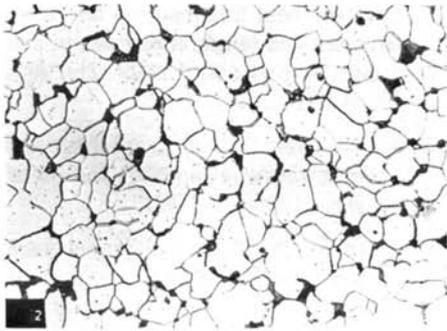


Fig. 2 : Microstructure de l'acier avant TTR, G = x500 (réd. 50%)



Fig. 3 : Microstructure de l'acier à souder après TTR, G = x500 (réd. 50%)

5/RESULTATS DES ESSAIS DE JOINTS SOUDES

Le tableau II résume les propriétés des joints soudés avec les paramètres optimaux ; celles du fil d'acier traité par TTR figurent à la 1^{ère} ligne, pour comparaison.

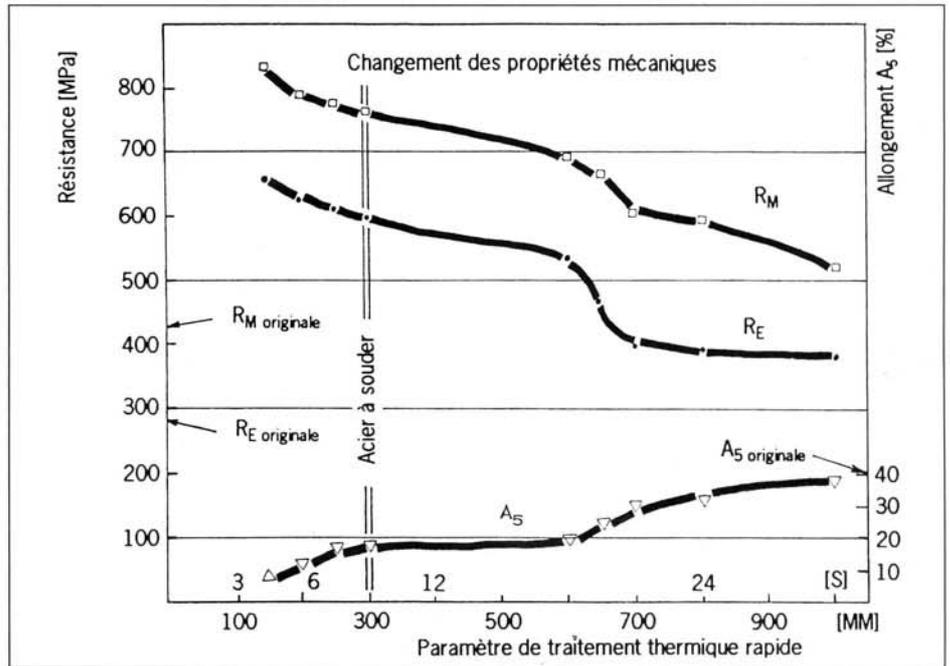


Fig. 1 : Modification des propriétés mécaniques de l'acier traité par TTR.

Tableau 2

	R _m [MPa]	R _e [MPa]	F _{max} [kN]	F _e [kN]	A ₅ [%]
Pièce à souder	784± 50	641 ⁺²³ ₋₃₃	18,6	15,1	15 ^{+2,8} _{-2,3}
Essai de traction	788 ⁺¹⁸ ₋₂₂	653± 24	-	-	13 ^{+3,2} _{-2,6}
Essai de cisaillement	-	-	11,8± 1,2	-	-
Essai de déchirement	-	-	15,4± 0,4	-	-

A la 2^{ème} ligne sont mentionnés les résultats des essais de traction (fig. 4a) exécutés en vue de vérifier un affaiblissement éventuel des caractéristiques des fils dû au soudage. Comme on peut le voir, les fils présentent, après soudage, une résistance à la traction qui ne diminue pas, ce qui correspond à l'exigence de qualité fixée au départ. Le lieu de la rupture se trouve dans la zone affectée thermiquement, pour trente pour cent des éprouvettes.

La troisième ligne du tableau, contient les résultats de l'essai de cisaillement (fig. 4b). Même pour la valeur la plus forte du coefficient K, l'effort enregistré satisfait à la relation. :

$$F_{max} \geq F_e + \frac{1}{2}K$$

La valeur du coefficient K oscille entre 0,8 et 1,5 selon les spécifications des différents pays, dans la catégorie des aciers à moyenne résistance. Quant aux aciers dont la résistance est supérieure à 600 MPa,

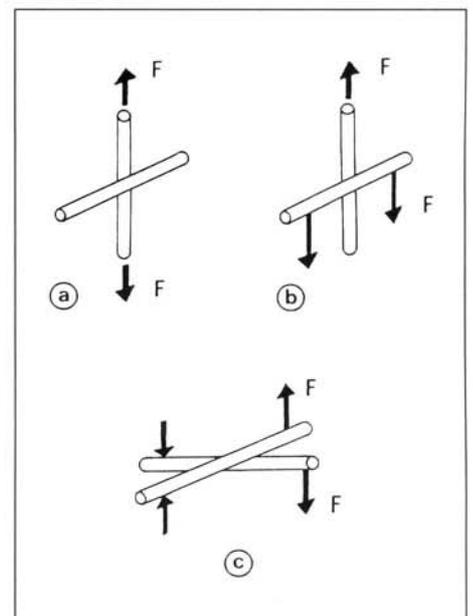


Fig. 4 : Schéma des charges : a) essai de traction ; b) essai de cisaillement ; c) essai de déchirement.

les spécifications sont laconiques : « ne pas les souder » ou « il n'est pas recommandé de les souder ».

Pour rendre plus complètes les informations concernant la résistance du joint soudé, il a été introduit un essai spécial d'arrachement, dans lequel la direction de l'effort est perpendiculaire au plan contenant l'assemblage (fig. 4c). C'est seulement dans vingt pour cent des cas que, la rupture a eu lieu, dans la zone affectée thermiquement, surtout par cisaillement. Lorsque l'arrachement s'est produit dans le joint, on a enregistré une diminution de l'effort de 10 à 20 pour cent et constaté la présence de défauts dans la cassure (figures 5 et 6). Après décalaminage, ces défauts disparaissent.

Les résultats ci-dessus prouvent qu'en utilisant le soudage par bossages, exécuté dans un temps court avec un courant fort, on réussit à maintenir les propriétés parfaites obtenues par le traitement thermique rapide des fils.

Au cours du TTR l'augmentation de résistance est due à deux phénomènes. D'une part, la recristallisation qui permet un affinage de la structure, d'autre part, grâce à l'échauffement rapide, la formation d'une structure fortement inhomogène en répartition du carbone, laquelle est semblable à une structure biphasée. Dans cette structure à aiguilles, on a identifié de la bainite et de la martensite (laquelle est cubique dans le cas présent) par l'essai de dureté ($HV_{0,01} = 379-457$).

En raison de l'effet thermique lié au soudage, la structure redevient, dans une bande d'environ 0,2mm de largeur, identique à celle qui existait avant le TTR ; c'est pourquoi, on trouve dans cette partie du joint soudé la zone de moindre résistance.

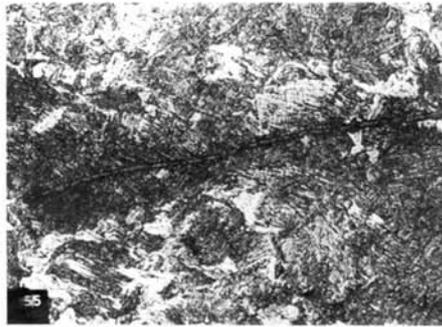


Fig. 5 : Défaut dans la zone de fusion, G = x500 (réd. 50 %)

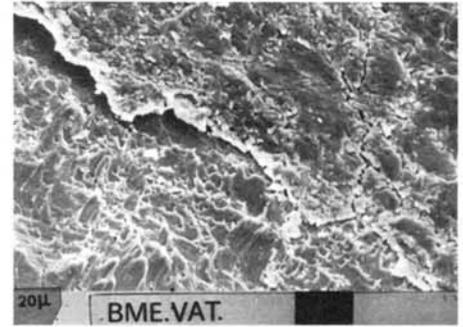


Fig. 6 : Défaut de fusion dans la cassure, MEB, G = x500 (réd. 50 %)

L'effet de cet adoucissement local apparaît si on considère la diminution de la dureté HV_{10} qui passe de 290 à 184 ; cet effet n'est sensible que pour l'essai de cisaillement.

Ainsi, selon les expériences qui viennent d'être relatées, les propriétés mécaniques de joints soudés par bossages sur des fils traités pour béton armé, sont très satisfaisantes ; on a donc ici la preuve que le soudage par bossages et le traitement thermique rapide sont parfaitement compatibles.

CONCLUSION

L'étude démontre que le traitement thermique rapide est une technologie très intéressante pour produire des fils d'aciers à haute résistance pour béton armé. La soudabilité de ces fils ne pose aucun problème. Les propriétés mécaniques obtenues ne sont pas altérées par le cycle thermique lié au soudage par bossages.

Du fait que les exigences deviennent de plus en plus sévères, il faut mettre en avant cet aspect des résultats qui vont dans le sens de l'assurance de la qualité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] J. Prohaszka, Theoretische und praktische Probleme der Beschleunigung von Wärmebehandlungsprozessen, Neue Hütte 6/1977.
- [2] M.A. Abd Elhady - J. Prohaszka, Effect of rapid heat treatment on the microstructure and tensile properties of cold drawn boron-treated steel (ZF), Acta Technica 92. 1981.
- [3] J. Prohaszka, Neue Ergebnisse der Schnellewärmehandlung von metallen, Neue Hütte 10/1985.
- [4] J. Prohaszka, Phase transformations in steel during rapid heat treatment, Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering Vol. 32 N° 2/1986.
- [5] J. Prohaszka - J. Dobransky, Quality Improvement Low Carbon Reinforcing Steel, Heat Treatment of Metals, entre tirage.