

# Assemblages noir-blanc / Formation de fissures dans les aciers de construction non alliés S235JR (S235JRG2 / St37-2)

## Deux observations intéressantes

**Cas 1:** Un client doit assembler un profilé plat d'étagère en S235JRG2 et une barre à profil carré en Ck 45. Comme le Ck 45 est un acier difficile à souder, il a été préchauffé en conséquence et on a choisi pour la soudure d'angle une électrode Fox A7. A la surprise générale, des fissures sont apparues près de la ligne de fusion du profil en U. On s'était plutôt attendu à ce qu'elles se produisent dans le Ck 45, dont la teneur en carbone est élevée.

**Cas 2:** Un client a soudé sur une plaque de blindage en 1.7263 30CrMo5-2 des profils en U en S235JR. Il était prévu de visser plus tard à ces profils en U d'autres pièces. Comme l'acier de blindage est un acier difficile à souder, il a été préchauffé en conséquence et on a utilisé comme métal d'apport le fil plein Böhler A7-IG. Là encore, des fissures sont apparues le long de la ligne de fusion du S235JRG2, un acier de construction non allié.

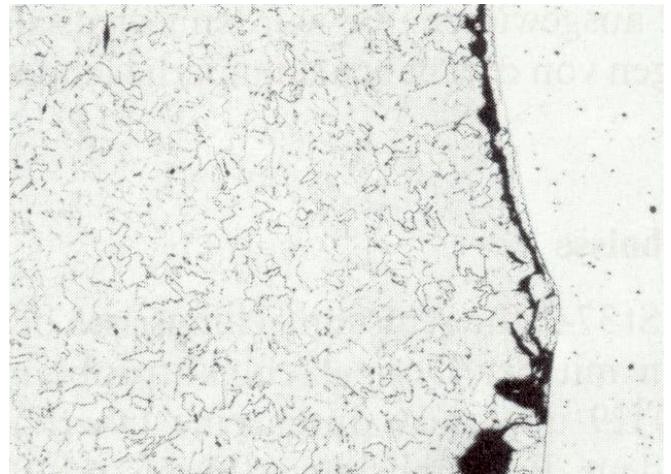


Illustration 2: Fissuration à chaud près de la soudure.

## Que s'était-il passé?

L'aspect des fissures observées rappelait un passage de l'ouvrage paru en 1989, Schweissen und Schneiden (Souder et découper), dans lequel on trouvait une analyse approfondie des soudures communément appelées «assemblages hétérogènes». (Illustration 1) Des éprouvettes de doubles soudures d'angle, assemblages de 1.4541 et de St37-2 (S235JRG2), ont été soudées au moyen d'électrodes de type E 23 13 2 R23: ce faisant, diverses charges de l'acier de construction non allié qui faisait l'objet de l'analyse, ont été utilisées. Ont été ensuite effectués des contrôles par ressuage sur les éprouvettes, dont certains ont montré des signes clairs de fissures.

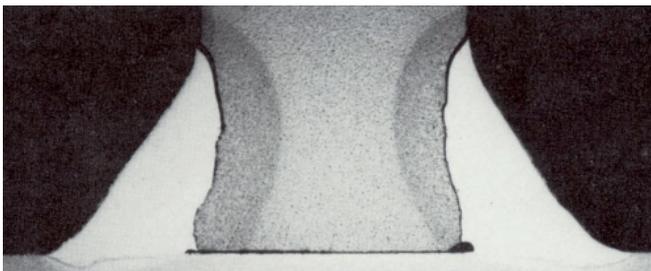


Illustration 1: Fissures près du cordon de soudure dans l'acier de construction non allié.

L'examen micrographique a fait apparaître que les fissures ne se formaient pas directement le long de la ligne de fusion, mais de façon intergranulaire, à une distance de 0,01 à 0,02 mm de la ligne de fusion, dans la zone de gros grain. (Illustration 2) L'aspect des fissures indique qu'il s'agit de fissures de fusion qui se sont constituées à la suite de dépôts en limite de grain et de déformations de retrait.

Le fait que cet acier non allié était sujet à ce type de fissures a été analysé de manière plus approfondie, conduisant aux résultats suivants.

## Résultats de l'analyse effectuée à cette époque:

La teneur en manganèse et en soufre exerce une influence importante sur le type de fissures dont nous parlons (illustration 3). Dans cette illustration, chacun des points indique une charge particulière du S235JRG2 utilisé. Il est évident que pour une certaine teneur en soufre dans l'acier de construction non allié, il faut une teneur minimum de manganèse afin d'éviter ce genre de fissures. Il n'est cependant possible de quantifier les microfissures qu'après avoir contrôlé tous les autres éléments susceptibles d'en favoriser l'apparition, comme le phosphore, le carbone, le silicium et l'oxygène.

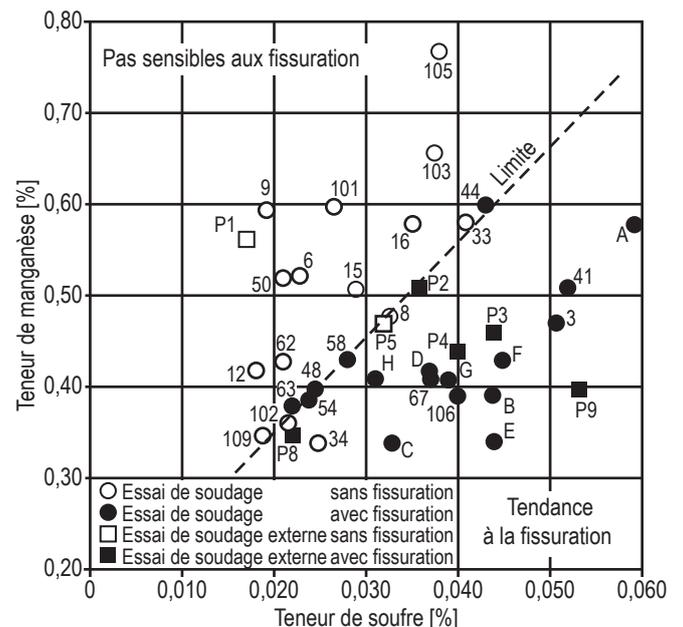


Illustration 3: Influence du manganèse et du soufre sur la formation de fissures.

INFO POUR LE PRATICIEN | Pas de la publicité  
Veuillez le transmettre à la technique

Un pronostic quantitatif exact sur la susceptibilité à la fissuration à chaud n'a pu être établi qu'avec l'équivalent Y de fissuration à chaud tenant compte des teneurs en manganèse, en silicium, en phosphore, en soufre, en carbone et en oxygène.

Cet équivalent de fissure Y a permis d'évaluer correctement la longueur prévisible des fissures.

**Longueur de fissure Y** =  $153 - (1287 \times \%Mn) + (962 \times (\%Mn)^2) + (252 \times \%Si) + (1855 \times \%P) + (2629 \times \%S) + (714 \times \%C) + (1053 \times \%O_2)$

### Appréciation des données numériques:

#### Y < 0%:

Le matériau n'est pas sujet aux fissures.

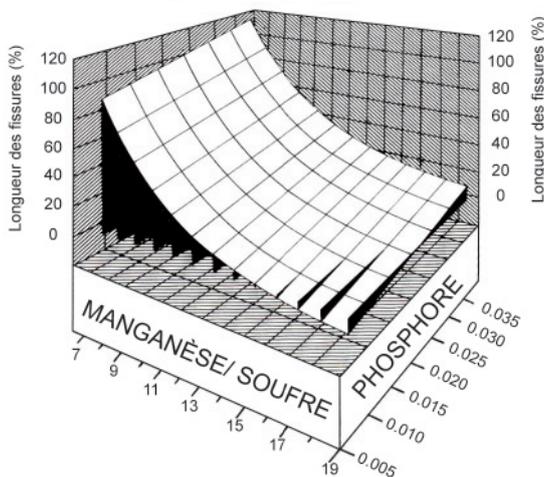
#### 0% < Y < 50%:

Le matériau est sensible; il ne devrait pas être utilisé pour des constructions rigides, des pièces soumises à des efforts dynamiques ou qui feront plus tard l'objet de travaux de rectification.

#### Y > 50%:

Le matériau présente des risques de fissures et ne devrait pas être utilisé pour des constructions soudées.

Il n'a pas été possible de présenter ces résultats dans un graphique du fait des nombreux facteurs d'influence. Mais l'illustration 4 montre que grâce aux valeurs d'une analyse 5 éléments, il a été possible d'estimer approximativement la longueur prévisible des fissures.



**Illustration 4:** *Equivalent Y de fissure en fonction du rapport Mn/S et de la teneur en phosphore pour 0,2% de Si dans l'acier.*

Comme le S235JRG2 de l'analyse sur produit admet une teneur élevée en soufre pour une teneur minimale en manganèse, il est souvent fabriqué par de petites aciéries qui utilisent, pour l'élaboration de la coulée, une quantité élevée de ferraille et produisent de préférence de petits profils ou du feuillard d'acier. Souvent, ces aciers présentent, outre des impuretés comme le phosphore et le soufre, une teneur élevée en chrome, en nickel et en cuivre.

### Contre-essai appliqué au cas 2:

Un contre-essai appliqué au cas 2 a abouti aux résultats suivants:

- Avec une teneur en manganèse de 0,56% et une teneur en soufre de 0,040%, l'analyse se situait à la limite de la susceptibilité à la fissuration, comme on le voit dans l'illustration 3.
- Le calcul de l'équivalent de fissure Y a révélé une valeur de 13,76%, ce qui implique une susceptibilité à la fissuration élevée.
- L'alliage utilisé comme métal d'apport comprend 18%Cr, 8%Ni et 6%Mn et a un coefficient de dilatation thermique sensiblement plus élevé (env.  $18 \times 10^{-6}$ ) que celui de l'acier non allié. Les tensions de glissement surgissant sur la ligne de fusion peuvent avoir pour conséquence de favoriser la formation de fissures. En utilisant un métal d'apport base nickel comme le UTP 068HH, possédant un coefficient de dilatation thermique comparable à celui de l'acier non allié, il devrait être possible d'éviter la formation de ces fissures. Pour un prix cependant très élevé.

La meilleure façon d'éviter la formation de ces fissures reste encore celle qui consiste à vérifier au préalable et par l'analyse que le matériau de base convient bien aux constructions soudées.

Pour une estimation approximative (illustration 3), on peut vérifier à l'aide de l'analyse du S235JR que, pour une teneur en soufre donnée (nécessité d'un certificat indiquant les valeurs réelles), l'acier s'allie suffisamment avec le manganèse.

Il faut cependant prendre garde à ce que le certificat présente une analyse sur produit, car conformément à la norme, les valeurs de l'analyse de coulée peuvent être inférieures à celles de l'analyse sur produit. Le tableau ci-dessous montre les teneurs maximales de soufre admises dans les aciers de construction non alliés.

Selon dés. DIN 17100	No de matière	Selon dés. EN 10025 (2005)	Analyse de coulée max. %	Analyse sur produit max. %
RSt 37-2	1.0038	S235JR	0,035	0,040
St 37-3 U	1.0114	S235J0	0,030	0,035
	1.0117	S235J2	0,025	0,030