

Effet d'un dépôt métallique sur la tenue en fatigue

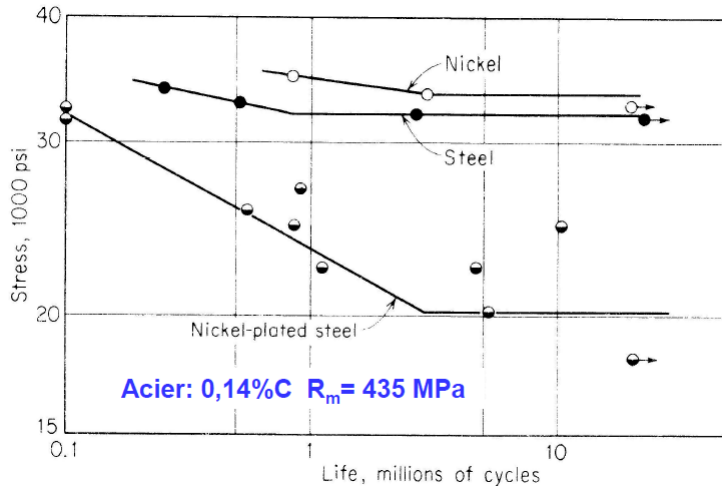
I. HUTHER, H.P. LIEURADE

Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- *Dépôt électrolytique de Nickel*
- *Dépôt électrolytique de Chrome*
- *Mécanisme de dégradation*
- *Méthode d'amélioration*

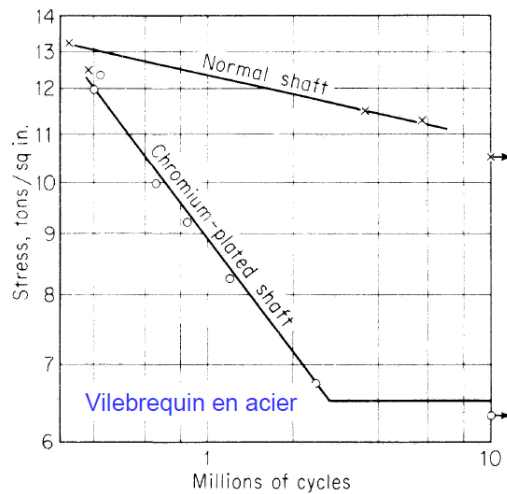
Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

● Dépôt électrolytique de Nickel



Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

● Dépôt électrolytique de Chrome

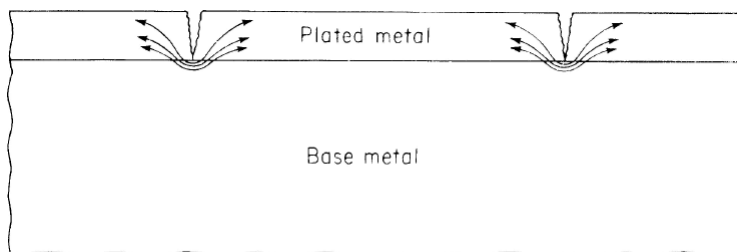


Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- **Dépôt électrolytique de Chrome**
 - Eprouvettes d'acier SAE 6130 (0,25%C 0,8%Cr)
 - Essais en flexion rotative
 - Etat non chromé $\sigma_D = 450$ MPa
 - Etat chromé (épaisseur 1 μm) $\sigma_D = 260$ MPa
 - Etat chromé (épaisseur 10 μm) $\sigma_D = 283$ MPa

Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- **Mécanisme de dégradation de la tenue en fatigue**
 - Le traitement électrolytique introduit des contraintes résiduelles de traction dans le dépôt
 - Ces contraintes conduisent à la création de fissures dans le dépôt qui servent d'amorce aux fissures de fatigue

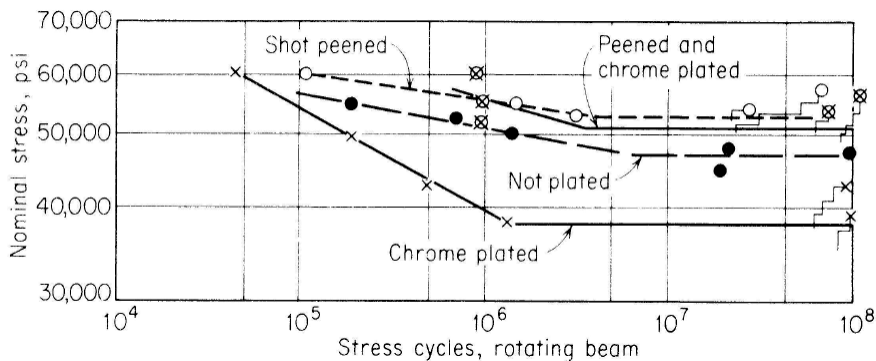


Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- **Amélioration par la mise en compression de la surface initiale**
 - Objectif
 - mise en compression de la surface du métal de base
 - Application de la précontrainte
 - grenailage de précontrainte, galetage, traitement de trempe superficielle
 - Cas d'un traitement mécanique
 - introduction de contraintes résiduelles de compression
 - écouissage de la surface
 - diminution de la porosité du métal de base
 - modification de la rugosité

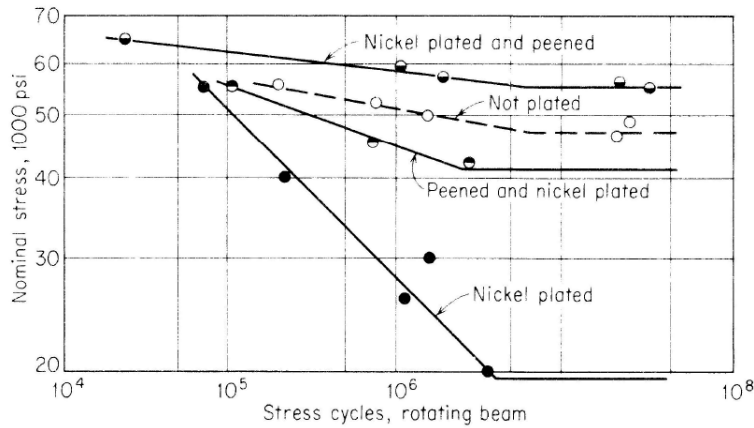
Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- **Amélioration par la mise en compression de la surface initiale**
 - Dépôt électrolytique de Chrome



Effet d'un dépôt électrolytique en fatigue Cas des composants mécaniques

- **Amélioration par la mise en compression de la surface initiale**
 - **Dépôt électrolytique de Nickel**



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- **Généralités**
- **Influence sur la tenue en fatigue**
 - Métal de base
 - Assemblages soudés
 - Tubes cintrés

Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- **Généralités**

- Procédé permettant la réalisation d'un revêtement de zinc par immersion d'une pièce en acier dans un bain de zinc fondu (450°C)
- le revêtement de zinc constitué est lié métallurgiquement à l'acier par formation de composés intermétalliques : plusieurs couches d'alliages dont les teneurs en zinc et fer varient de 90% de fer dans la zone en contact avec le métal de base à 100% de zinc en surface

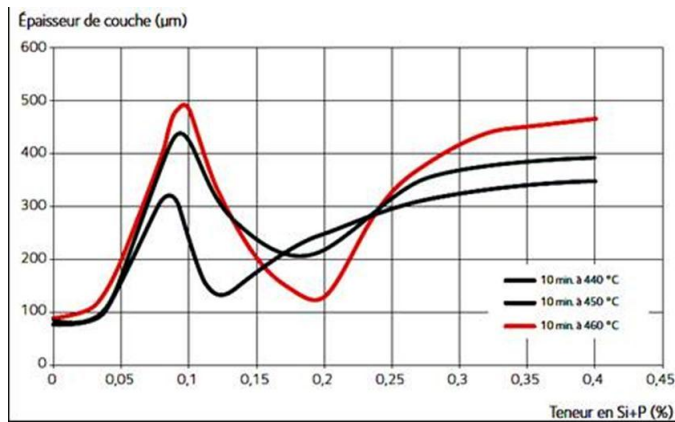
Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- **Généralités**

- caractéristiques du revêtement (épaisseur, aspect...) dépendent de la composition de l'acier, sa teneur en silicium et en phosphore
- Norme NF A 35-503 : trois classes d'aptitude à la galvanisation en fonction de la teneur de ces éléments
 - aciers de classe A : épaisseur du revêtement de galvanisation comprise entre 45 et 85 μm en fonction de l'épaisseur de la tôle (aspect lisse et brillant)
 - aciers de classe C : épaisseur de revêtement plus importante pouvant être supérieure à 200 μm (peau d'orange)

Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- Épaisseur de la couche galvanisée en fonction de la teneur en Si + P de l'acier



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- Généralités
 - considérée comme dangereuse vis-à-vis de la structure
 - en particulier la fragilisation des zones écrouies
 - ainsi que la fragilisation par l'hydrogène durant l'opération de décapage chimique : objet de recommandations (norme ASTM A 143-07, 2007)

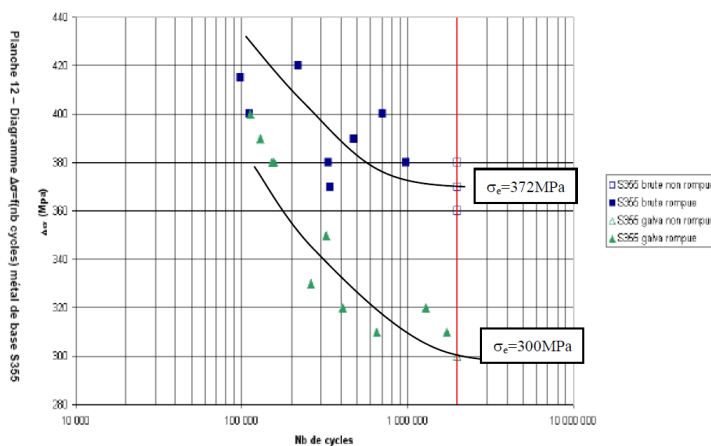
Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- Influence sur la tenue en fatigue (métal de base, assemblages soudés d'angle)
- Exemple :
 - 2 nuances d'aciers S355K2 (épaisseur 4 et 6 mm), et S500MC (épaisseur 4 mm)
 - Assemblages soudés en T
 - Galvanisation
 - norme NF EN ISO 1461
 - durée d'immersion dans le bain de zinc d'environ 3 à 4 minutes

Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- Métal de base (S355, e = 4 mm)

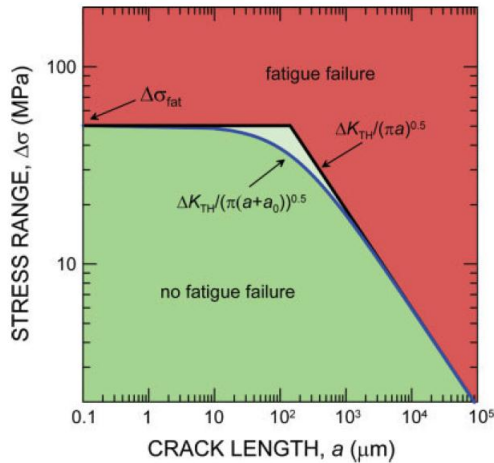
Métal de Base - Comparaison S355 Brut et Galvanisé



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- Influence de la couche de revêtement sur la tenue en fatigue

Diagramme de Kitagawa, critère basé sur la mécanique de la rupture ΔK_{seuil}

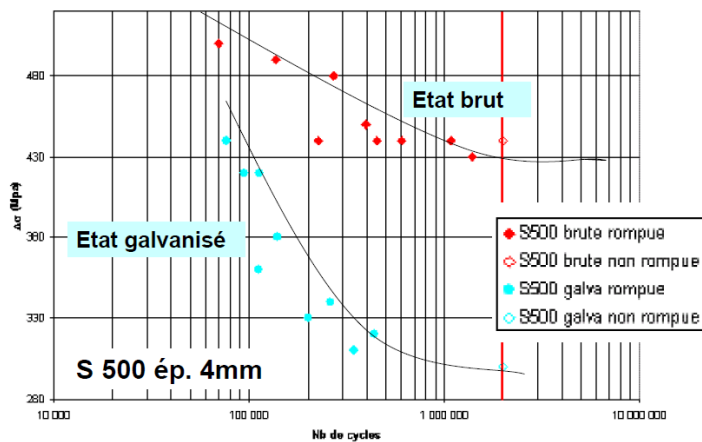


a = épaisseur de la couche galvanisée

Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

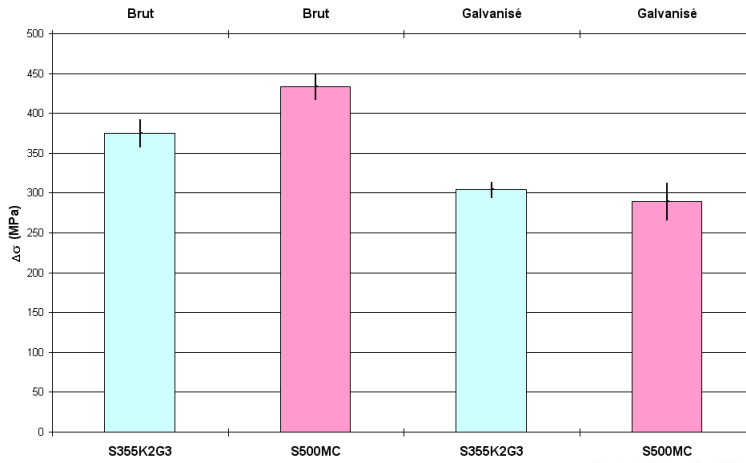
- Métal de base (S500, e = 4 mm)

Métal de base - Comparaison S500 Brut et Galvanisé



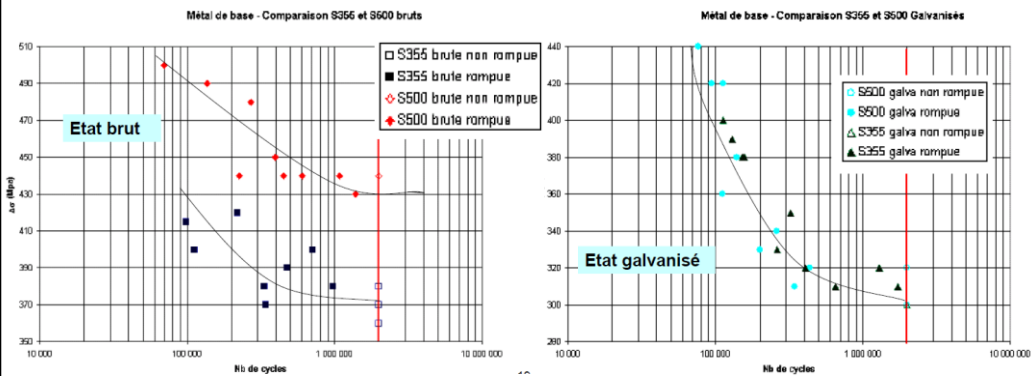
Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

● Métal de base (S355, S500, e = 4 mm)



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

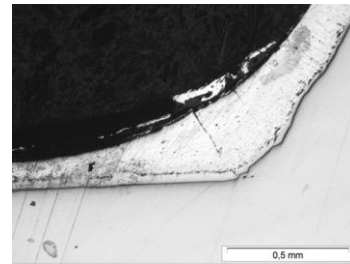
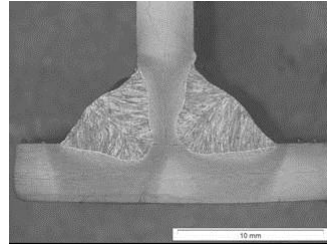
● Métal de base (S355, S500)



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

● Assemblages soudés

- Soudage en angle - Position de soudage à plat
- Procédé de soudage : MAG robotisé
- Fil massif G2Si – diamètre 1,0 mm
- Gaz : argon + 18% CO₂
- Hauteur de gorge de 3,5 mm
- Position de soudage : Gouttière PA

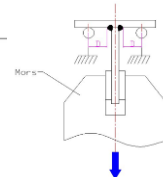


● Galvanisation

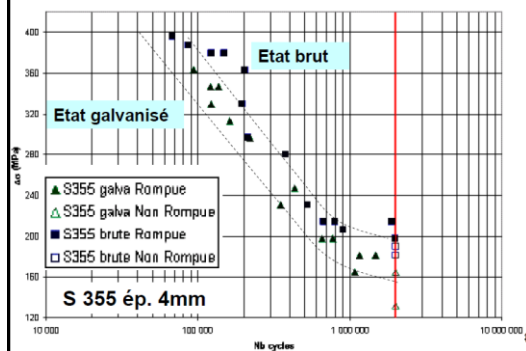
- norme NF EN ISO 1461
- durée d'immersion dans le bain de zinc d'environ 3 à 4 minutes

Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

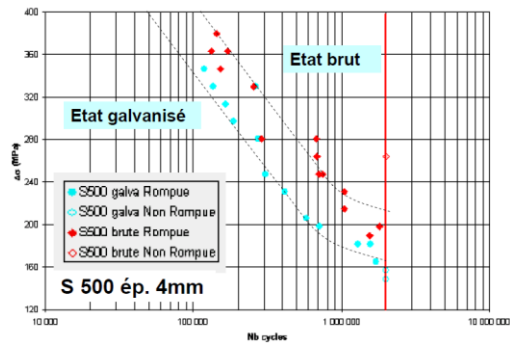
● Assemblages soudés (S355, S500, e = 4 mm)



Eprouvettes soudées S355 épaisseur 4 mm



Eprouvettes soudées S500 épaisseur 4 mm



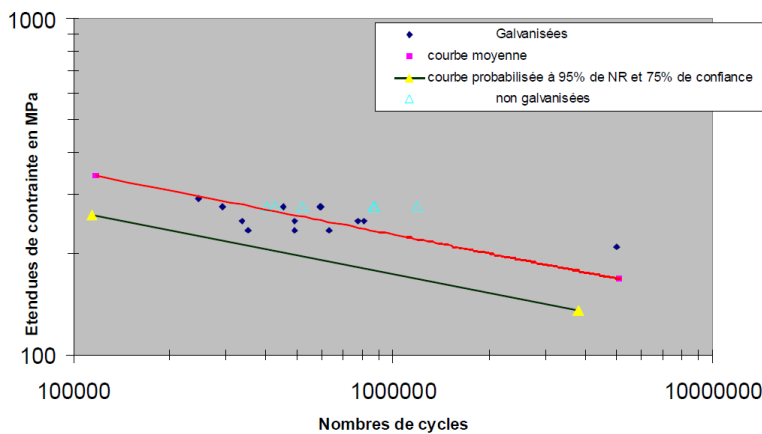
Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- tube rectangulaire laminé à chaud en S355-J2H (norme 10210-2)
- cintrage à froid avec un mandrin
- galvanisation par immersion à chaud à $T = 450^{\circ}\text{C}$ (épaisseur $250\ \mu\text{m}$)



Effet d'un dépôt métallique en fatigue Galvanisation à chaud

- **Influence de la galvanisation**
chute de 12% de la résistance en fatigue



- **Deux types de dépôts ont été considérés:**
 - les dépôts électrolytiques (chromage et nickelage)
 - le zingage au trempé, à chaud
- **Dépôts électrolytiques**
 - conduisent à une chute de la limite de fatigue qui peut dépasser 50%
 - cette dégradation est due à la présence de fissures du dépôt, induites par les contraintes résiduelles de traction qui sont engendrées par le traitement
 - en mettant la surface initiale en compression, un grenailage de la surface réalisé avant dépôt permet d'empêcher cette dégradation
- **Zingage à chaud des aciers soudables**
 - Métal de base HLE : chute de la limite de fatigue du métal de entre 20 et 30%
 - Soudures d'angle : chute entre 7 et 15%, l'amorçage des fissures semble se situer à l'interface entre la couche de galvanisation et le métal de base ou la ZAT