

Défauts de surface sur couronnes laminées

par G. Baratto, J.J. Guérin, J. Mongis
(CETIM, Etablissement de Senlis)

Nature de l'avarie

Il s'agit ici de difficultés de fabrication dues à la présence de défauts superficiels sur pièces neuves.

Matière

Acier inoxydable austénitique stabilisé au titane Z 6 CNT 18-10 de la norme française NFA 35-574 concernant les « aciers inoxydables d'usage général ».

Conditions de fabrication

Après forgeage, laminage et usinage des couronnes à partir de lopins issus de barres de Ø 110, il a été constaté, au niveau de leur surface cylindrique externe, la présence de défauts longitudinaux incompatibles avec la finalité des pièces.

Leur longueur atteint plusieurs millimètres (voir fig. 1, après polissage complémentaire de la surface usinée).

Examens complémentaires

- L'examen macrographique du défaut en sens travers révèle qu'il se prolonge de façon notable sous la surface, jusqu'à 3 mm de profondeur (fig. 2).
- Des examens micrographiques ont montré qu'il est rempli, au niveau de son débouché en surface, de particules sombres qui sont des oxydes (fig. 3) et, plus en profondeur, on note qu'il consiste en des grappes importantes d'inclusions claires (fig. 4).
- Des analyses chimiques qualitatives ont été réalisées au microscope électronique à balayage sur les deux types de particules. Les premières contiennent du calcium et du titane ; elles sont typiques d'inclusions exogènes de laitier (fig. 5). Les secondes sont riches en titane, ce sont des inclusions endogènes dues à l'introduction de cet élément dans l'acier liquide.

Fig. 1

X3,7

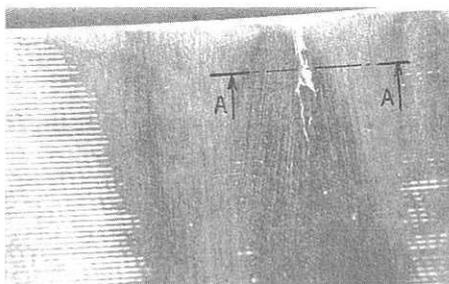


Fig. 4

attaque électrolytique

X300

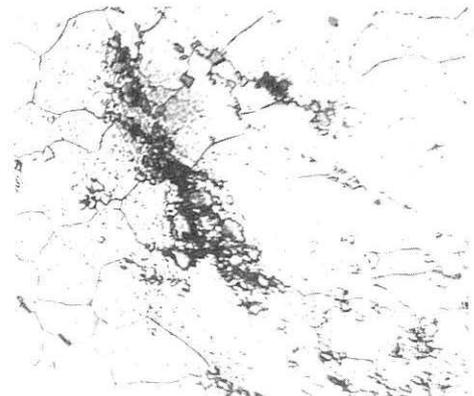


Fig. 2

coupe AA

X3,7

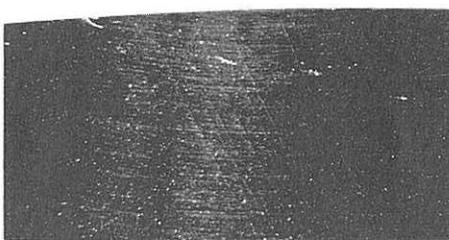


Fig. 5

électrons secondaires

X250

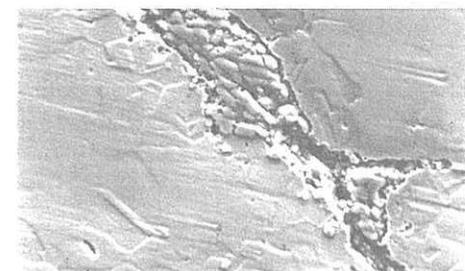


Fig. 3

X125

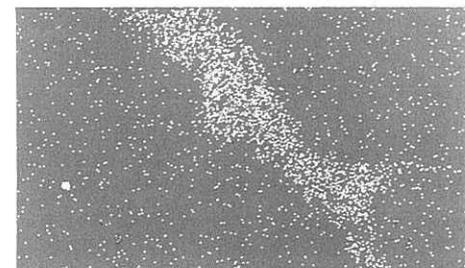
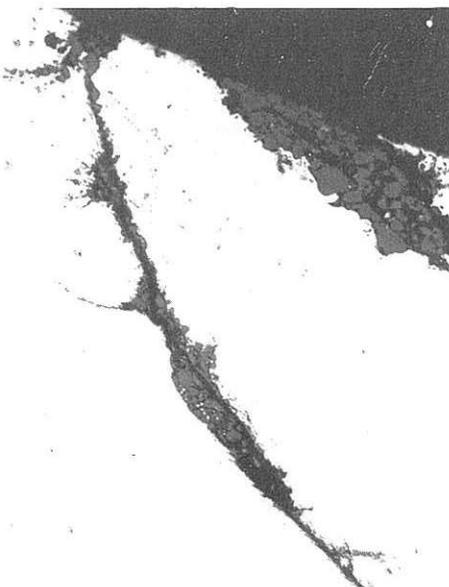


Image Calcium

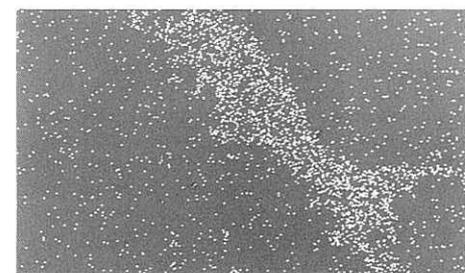


Image Titane

Commentaires

Causes	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> – Présence d'incrustations de laitier de coulée riche en titane et de carbonitrides de titane imputables aux conditions d'élaboration et de coulée de l'acier. 	<ul style="list-style-type: none"> – Convenir avec l'aciériste de conditions particulières de qualité à la commande. – Contrôler les barres avant forgeage par courants de Foucault.

Lames ressort de machine textile

Par R. Glain

(CETIM, Etablissement de Saint-Etienne)

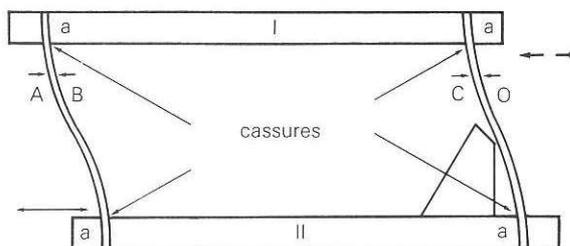


Fig. 1

Nature de l'avarie

Cassures en service pour des durées de vie inférieures à 2 500 000 cycles.

Matière

Acier XC 100 défini par la norme NFA 35-553, trempé revenu pour une dureté de 50 à 55 HRC.

Conditions de fonctionnement

Sollicitations en flexion alternée (fig. 1).

Analyse morphologique des cassures

Les cassures se produisent au ras des encastrements des lames. Sur la surface des lames, dans la partie en contact avec les plaques I et II (fig. 1) existent des traces avec émission de poudre rouge provenant de fins débris oxydés (fig. 2 et 3). Ceci est caractéristique d'un phénomène de « fretting corrosion ». Les faciès de cassure présentent un aspect maté provenant d'une rupture non brutale.

Les sites d'amorçage des cassures sont situés dans les zones détériorées par la corrosion par friction.

Examens complémentaires

- Examens micrographiques sur coupes travers, dans les zones de fretting corrosion : on note la détérioration superficielle due à ce phénomène et les amorces de fissuration qui en résultent (fig. 4).
- Mesures de dureté : la dureté des lames est de 590 HV 30 (soit 54 HRC d'après NFA 03-172).

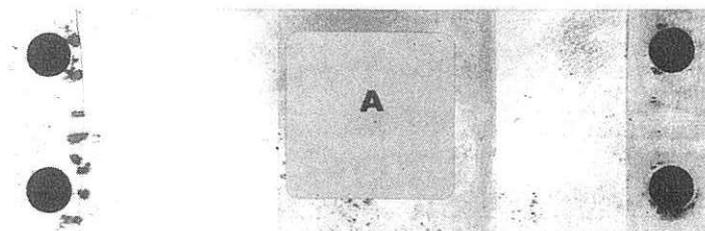


Fig. 2

× 1

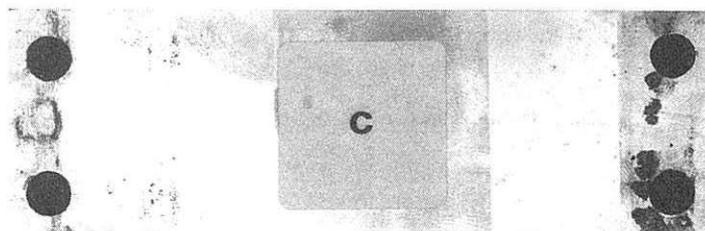


Fig. 3

× 1



Fig. 4

× 500

Commentaires

Causes	Remèdes
Phénomène de fretting corrosion engendré par les microdéplacements des deux surfaces en contact. Cette détérioration superficielle sert d'amorce à une fissuration par fatigue.	Réalisation d'un traitement de surface par projection de microbilles de verre dans les parties soumises au fretting corrosion (soit sur une largeur de 15 mm à chaque extrémité). Mise en place, entre les lames ressorts et les plaques support, de feuilles de PTFE pour amortir les vibrations et améliorer le frottement.

Tube hydraulique

G. Baratto, J.-J. Guérin,
J. Mongis

(CETIM, Etablissement de Senlis)

Nature de l'avarie

Fissuration et fuite sur un tube de circuit hydraulique après 15 mois de fonctionnement.

Matière

Ce tube a été commandé suivant la DIN 2391 sous la dénomination : St 35 GBK 25 × D19. Elle désigne un tube sans soudure de diamètre 25 × 19 mm en acier au carbone de nuance DIN St 35 à l'état recuit dont la résistance à la rupture $R_m \geq 350 \text{ N/mm}^2$.

Conditions de fonctionnement

Le circuit hydraulique incriminé a subi des cycles de mise en pression 0-150 bar à raison de 10 à 15 fois par minute et ce, pendant 15 mois, 24 heures sur 24. Le tube est donc soumis à des contraintes de traction tangentielle ondulées.

Analyse morphologique

La zone de fuite est associée à une portion d'une marque longitudinale festonnée visible à la surface externe du tube (fig. 1).

Après ouverture en laboratoire de la fissure débouchante (fig. 2) on note que la rupture présente deux zones : une lèvres externe inclinée à 45° environ sur un plan méridien et dont le faciès est maté (fig. 3), puis un développement suivant un plan diamétral dont le faciès revêt un aspect s'apparentant à une fissuration progressive par fatigue (fig. 3).

Examens complémentaires

Analyse chimique. La composition de l'acier est conforme à la nuance St 35 allemande.

Caractéristiques mécaniques. L'essai d'épreuve hydraulique du tube est satisfaisant mais la rupture est survenue le long de la marque festonnée (fig. 4).

Les caractéristiques sur éprouvettes de traction sont également satisfaisantes pour la nuance d'acier St 35 à l'état recuit ($R_m \approx 453 \text{ N/mm}^2$).

Examens microfractographiques au microscope électronique. Ils mettent en évidence la présence de stries de fatigue dans la zone de propagation méridienne de la fissure (fig. 5) et confirment donc qu'un processus de fatigue est intervenu dans la genèse de la fuite.

Examens micrographiques : les examens sur la coupe AA (fig. 1) montrent que les lèvres de la fissure sont totalement décarburées sur 0,25 mm de profondeur dans la partie curviligne inclinée à 45° ; ensuite la fissure est obstruée par des oxydes et s'accompagne encore d'une décarburation totale et ce jusqu'à une profondeur de 0,8 mm.

Ensuite la fissuration se poursuit sans décarburation et avec un très faible écartement des lèvres au sein d'une structure ferrito-perlitique conforme à la qualité de l'acier.

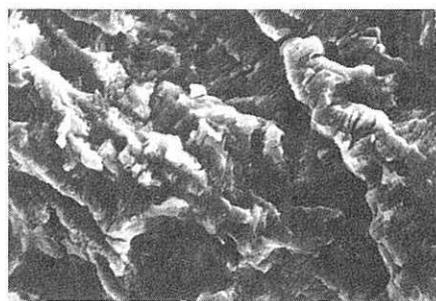
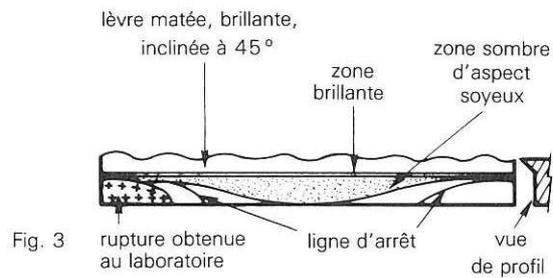
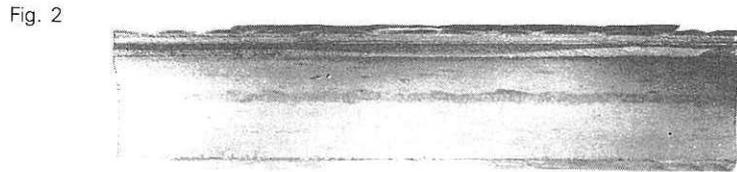
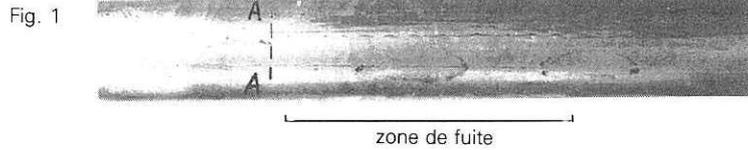


Fig. 5 × 700 M.E.B.

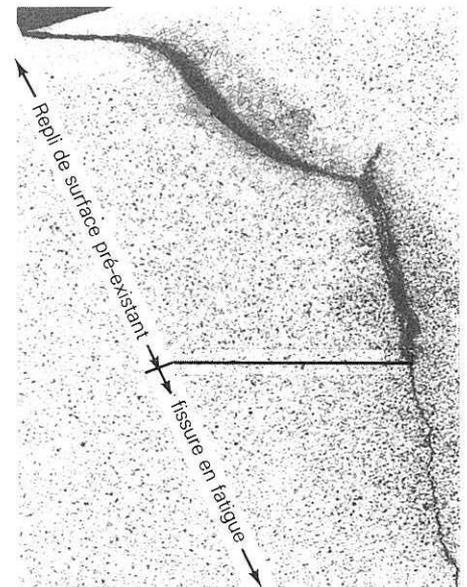


Fig. 6 × 14 attaque Nital

Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
Présence d'un repli profond (1/3 de l'épaisseur de la paroi) survenu lors du filage du tube et ayant servi d'amorce à une fissuration progressive sous l'action des sollicitations cycliques normales de service.	Vérifier la gamme de fabrication des tubes et la qualité des outillages mis en service pour leur production. Imposer au fournisseur ou réaliser soi-même un contrôle non destructif à la livraison.

Rampes de compression

par G. Baratto, J.-J. Guérin, J. Mongis

(CETIM, Etablissement de Senlis)

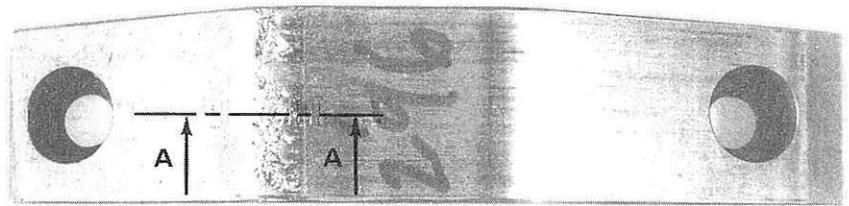


Fig. 1

Nature de l'avarie

Ecaillage du sommet du chemin de roulement de toutes les rampes après des temps de fonctionnement insuffisants.

Matière

Les rampes sont réalisées en acier à outils de nuance Z 200 C 12 (NFA 35-590). Après taillage elles sont durcies par trempe et revenu en four sous vide. La dureté visée en sommet de rampe est de 62 HRC au minimum.

Conditions de fonctionnement

Ces rampes permettent la fermeture et la mise en compression des deux empreintes d'une machine à mouler. Elles sont donc soumises, au niveau de leur sommet S, à des efforts de compression à chaque cycle de la machine conduisant à de la fatigue de contact. La partie inclinée de la rampe est soumise, quant à elle, à des sollicitations de glissement cycliques (fig. 2).

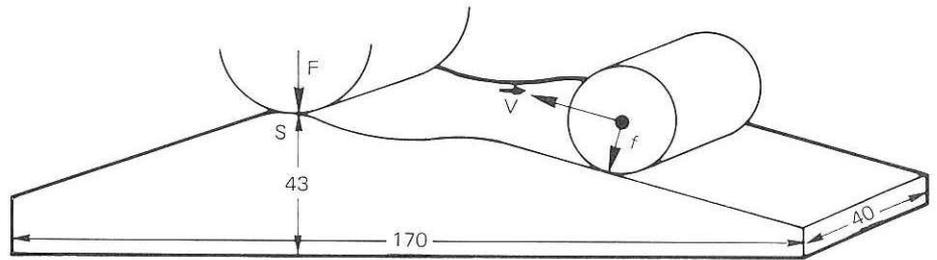


Fig. 2

Analyse morphologique des détériorations de surface

Les sommets des rampes sont sujets à un écaillage (fig. 1) plus ou moins marqué. Les parties inclinées sont exemptes de toute dégradation ; elles présentent un aspect lisse avec des traces de glissement dû au rodage normal des surfaces en contact.

Examens complémentaires

Analyse chimique

La composition de l'acier est conforme à celle de la nuance Z 200 C 12 définie par la norme NFA 35-590.

Examens micrographiques

Ces examens ont été réalisés sur une coupe médiane longitudinale de la rampe (coupe AA fig. 1). Au droit de son sommet, on a observé une structure constituée de carbures primaires (alignés) sur une matrice de type martensitique avec présence d'amas noirs de perlite non résolue (fig. 3).

Au pied de la rampe (fig. 4) la structure présente nettement moins d'amas perlitiques.

Mesures de dureté Rockwell

En sommet de rampe la dureté est de 62 HRC. En pied de la rampe elle est de 64 HRC.

Ces duretés sont en accord avec les différences de structures et sont conformes à la dureté visée au cahier des charges.

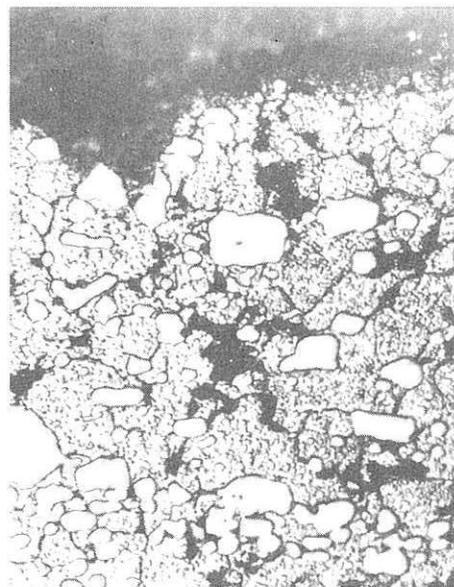


Fig. 3 × 500
attaque Vilella

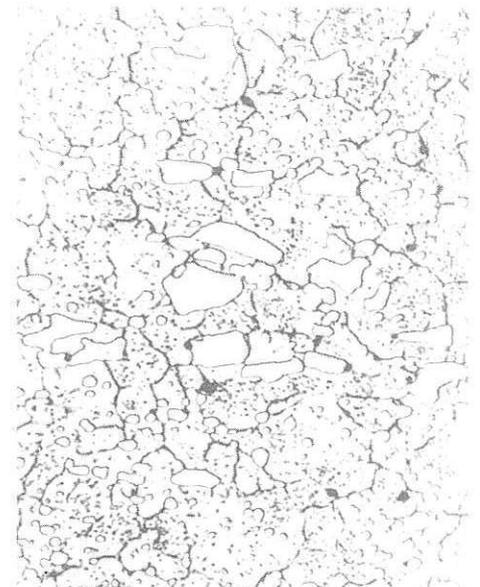


Fig. 4 × 500
attaque Vilella

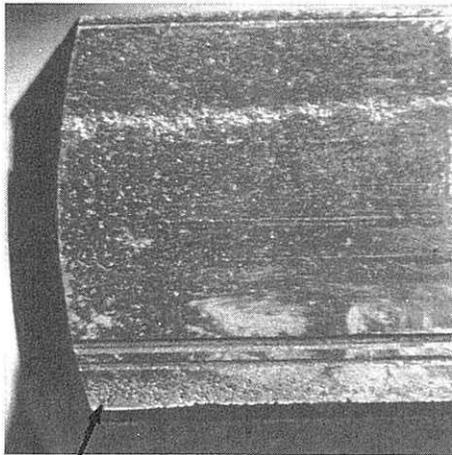
Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
Présence du constituant perlite au sein de la structure de trempe martensitique, imputable à la trempabilité réduite de la nuance Z 200 C 12 en regard de la masse de la pièce. Ce constituant diminue fortement la résistance à la fatigue du matériau.	Remplacer la nuance Z 200 C 12 par la nuance Z 160 CDV 12 qui permet l'obtention de caractéristiques mécaniques au moins équivalentes à celles du Z 200 C 12, mais qui a l'avantage de posséder une très bonne trempabilité ; on évitera ainsi la transformation perlitique néfaste.

Embout six pans véhiculant des fluides sous pression

P. Filipucci

(CETIM, Etablissement de Saint-Etienne)



Défauts

Fig. 1 (≃ × 2)

Nature de l'avarie

Présence de fissures au niveau du six pans.

Matière

Acier inoxydable martensitique de décolletage de nuance Z30 CF 13 défini par la norme NFA 35-576, trempé et revenu à 330°C pour une dureté Rockwell comprise entre 46 et 48 HRC.

Conditions de fonctionnement

Chocs importants dus à des mises sous pressions répétées (pression du fluide ≃ 200 bars).

Analyse morphologique

Les fissures sont localisées dans le prolongement de défauts de la barre six pans (fig. 1). L'ouverture de la fissure révèle un faciès typique d'une rupture fragile de type intergranulaire (fig. 2).

Examens complémentaires

Examens micrographiques

L'observation a été faite sur une coupe transversale passant par la fissure. Sur la figure 3, on observe la présence d'une structure martensitique marquée par des joints de grains très épais.

Sur une coupe passant par les défauts, on observe de nombreux replis superficiels (fig. 4).

Mesures de dureté

La dureté Rockwell de l'embout qui est de 50 HRC est supérieure au maximum de 48 HRC escompté.

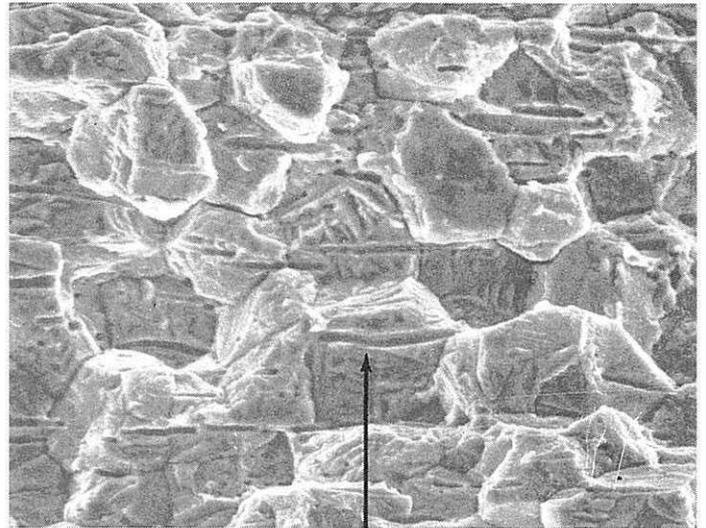


Fig. 2

Faciès intergranulaire (× 960)

Logement des inclusions



Fig. 3

Attaque au réactif de Cattela (× 500)



Fig. 4
(× 128)

Commentaires

Causes	Remèdes
<p>Fragilité excessive de l'acier engendrée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une précipitation intergranulaire lors du revenu, - une dureté trop élevée, - la présence de sulfures de manganèse et de défauts superficiels favorisant les concentrations de contraintes. 	<p>Éliminer les barres six pans présentant un mauvais état de surface. Éviter d'effectuer des revenus dans des domaines de température compris entre 300 et 550°C entraînant une fragilité de l'acier.</p>