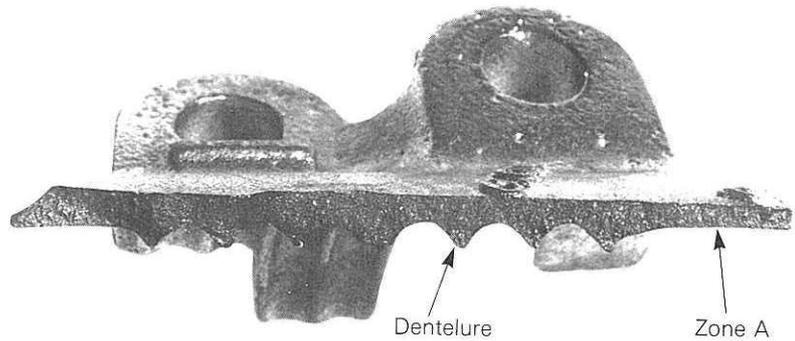


Collier de serrage

par G. Baratto, J.-J. Guerin,
et J. Mongis
(CETIM, Etablissement de Senlis)



Nature de l'avarie

Rupture brutale d'un élément de collier de serrage et tuyauterie flexible sur manchon cannelé.

Matière

Fonte à graphite sphéroïdal de composition mentionnée au tableau I et de type FGS 500-7 (NFA 32-201).

Tableau I

C %	Si %	Mn %	S %	P %	Mg %
3,43	2,51	0,22	0,005	0,021	0,085

Conditions de fonctionnement

Le serrage du flexible est assuré par le collier qui travaille en flexion autour de son axe longitudinal (boulonnage de deux demi-colliers). La rupture du 1/2 collier, neuf, s'est produite après une heure d'utilisation au cours d'une opération de resserrage.

Analyse morphologique

La cassure du demi-collier présente un faciès à grains ; au niveau de sa plus faible épaisseur, on note un aspect fibreux (zone A). La rupture est à caractère brutal semi-fragile, sans déformation macroscopique.

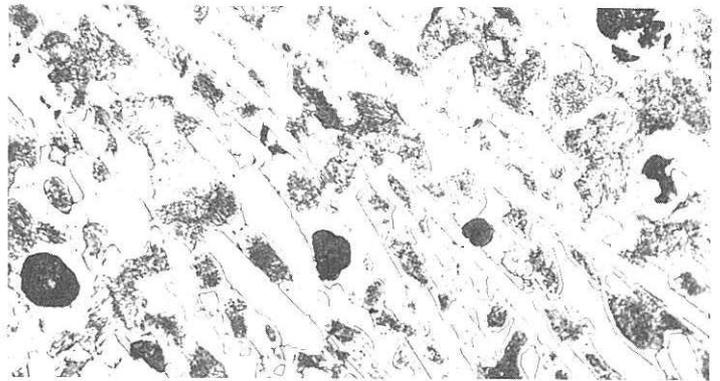
Examens complémentaires

Ils consistent essentiellement en des examens micrographiques.

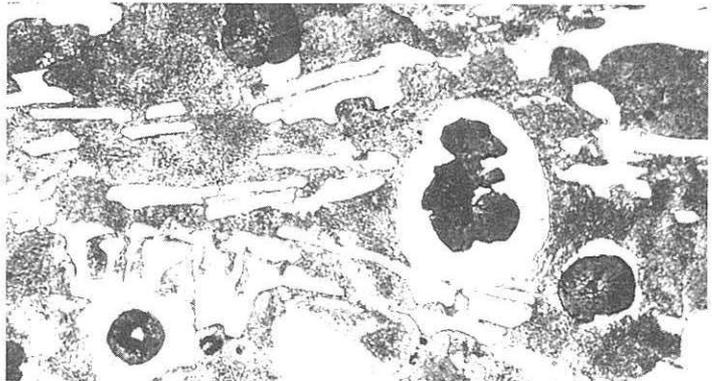
Au niveau de la partie la plus fine du collier rompu (zone A), on met en évidence la présence de nombreux carbures fragiles basaltiques (de forme allongée). Au niveau du cœur de la pièce, ils existent toujours, bien que l'on note une plus grande proportion de nodules de graphite auréolés de ferrite. Ces carbures sont à l'origine du faciès particulier de la rupture en zone A.

La structure est donc anormale pour une fonte « GS ». Elle devrait être seulement constituée de graphite en nodule, de perlite et de ferrite (voir cliché ci-contre).

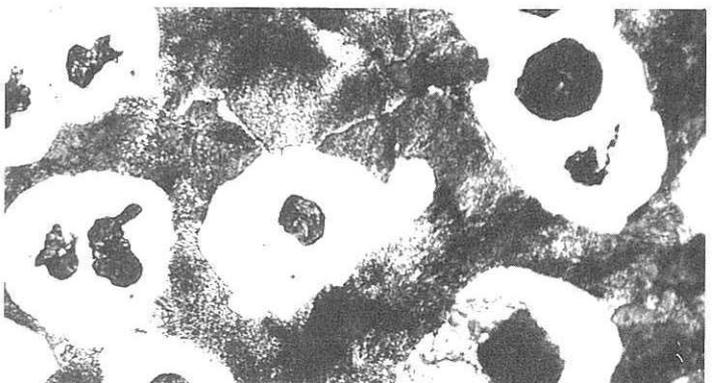
Zone A
(× 300)



Cœur du collier rompu
(× 300)



Structure normale
(× 300)



Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> Fragilisation due à une teneur excessive en gros carbures basaltiques. 	<ul style="list-style-type: none"> Revoir les conditions d'élaboration et de moulage de la fonte.

Ancre de levage

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

Nature de l'avarie

Rupture brutale d'une seule ancre sur 4 au cours d'un levage d'un élément en béton de 30 kN.

La charge utile par ancre est de 13 kN.

Matière

Acier au carbone de nuance AF42 C20 (NFA 33-101) de qualité apte au forgeage et aux traitements thermiques.

Etat matricé puis traité thermiquement par trempe et revenu à haute température pour $R_m \approx 600 \text{ N/mm}^2$ et $R_p \geq 355 \text{ N/mm}^2$.

Conditions d'utilisation

Ces pièces sont ancrées dans des éléments en béton pour permettre leur manutention. Elles sont soumises essentiellement à des sollicitations de traction monotone croissantes, avec superposition éventuelle d'une flexion plane.

Analyse morphologique

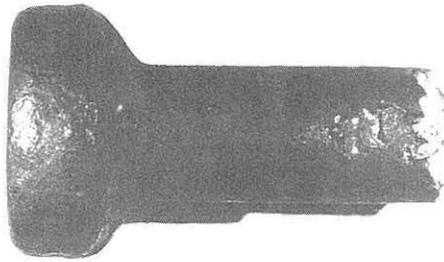
La cassure, sans déformation plastique macroscopique, s'est développée au milieu du corps de l'ancre suivant une section droite (fig. 1).

Le faciès de la rupture présente des facettes mates peu anguleuses (conchoïdales) et des plages grenues brillantes. C'est donc un faciès de rupture brutale fragile à caractère très particulier du fait de son hétérogénéité d'aspect (fig. 2).

Examens complémentaires

- L'examen macrographique dans un plan perpendiculaire à la rupture révèle (fig. 3) une zone centrale d'incrustations noirâtres débouchant dans la cassure, ainsi que des réseaux délimitant par endroits des cellules de taille importante.
- Les examens micrographiques (fig. 4 et 5) visualisent une structure de type martensitique revenue à aspect cellulaire dont les joints sont constitués de ferrite, de précipités globulaires et d'amas d'oxydes biphasés à structure eutectique. A cœur des cellules la répartition des constituants de trempe revêt un aspect dendritique.
- Des analyses à la microsonde électronique indiquent que les amas sont essentiellement à base de fer, silicium et manganèse. Ce sont donc des inclusions dues à l'oxydation à chaud de l'acier et non des incrustations de laitiers d'aciérie.

Fig. 1



X2 Fig. 2



X4

Fig. 3

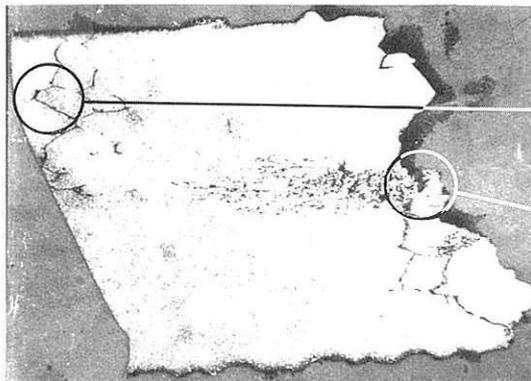
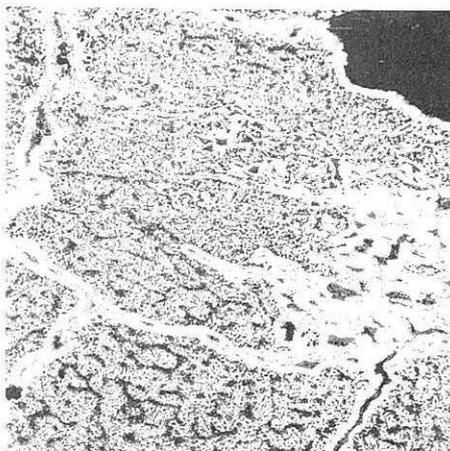


Fig. 5

Fig. 4

Fig. 4



Attaque Nital

X30 Fig. 5



Attaque Nital

Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
— Brûlure avec fusion partielle de l'acier au cours des opérations de chauffage et de mise en forme.	— Surveiller les températures de chauffage et de mise en forme de l'acier à chaud.

Pièce d'ancrage

par L. Huchet

(CETIM, Etablissement de Nantes)

Nature de l'avarie

Rupture brutale en service.

Matière

Fonte à graphite sphéroïdal FGS 400-12.

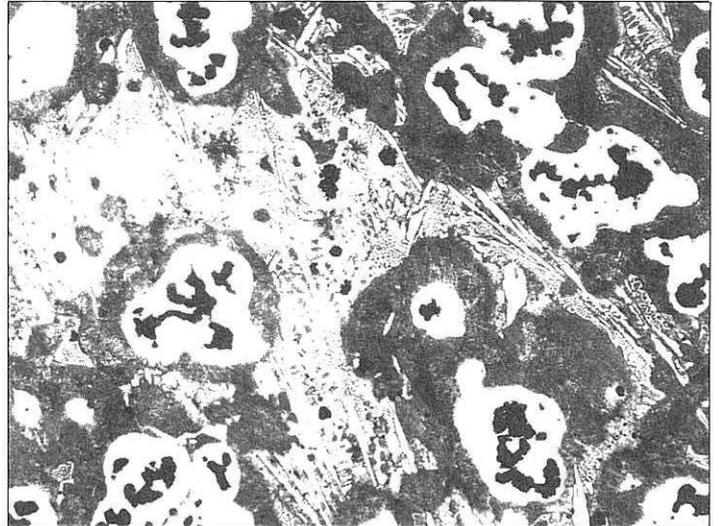
Analyse morphologique

Le faciès de la rupture, uniforme, ainsi que l'absence de déformation de la pièce sont caractéristiques d'un développement brutal à caractère fragile.

Ce faciès paraît brillant pour de la fonte à graphite sphéroïdal.

Zone de la pièce relativement massive

- Mauvaise sphéroidisation du graphite
- Ferrite autour du graphite
- Perlite
- Présence de cémentite : environ 30 %.



x 100

Examens complémentaires

Examens micrographiques

Le graphite est imparfaitement sphéroïdal et présente une répartition très hétérogène suivant les zones observées (voir clichés).

La structure comporte de 30 à 90 % de cémentite.

Mesures de dureté

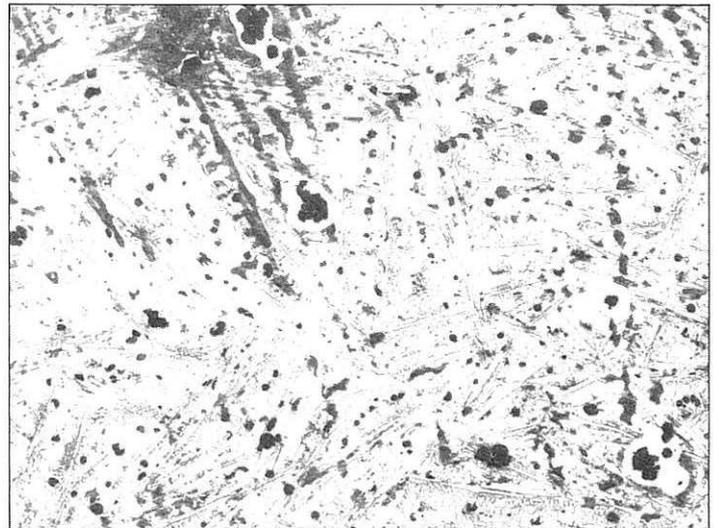
— Zone relativement massive : HB = 300
- Paroi mince : HB = 535.

A titre indicatif, la norme NF A 32-201 prévoit une dureté HB \leq 201 pour une fonte FGS 400-12.

Paroi mince (structure proche de celle d'une fonte blanche)

- Très peu de graphite.
- Structure constituée d'environ 90 % de cémentite.
- Quelques plages de perlite.

X 100 attaque nital



Commentaires

C'est surtout la présence de cémentite en quantité importante qui est responsable de la fragilité excessive de la pièce.

Causes	Remèdes
<p>Le matériau n'est pas une fonte FGS 400-12.</p> <ul style="list-style-type: none">— Présence anormale de cémentite.— Graphite imparfaitement sphéroïdal.	<ul style="list-style-type: none">— Maîtrise de la composition chimique et des conditions de refroidissement à la coulée.— Essai de traction pour le contrôle de la qualité de la fonte de chaque lot de pièces (suivant NF A 32-201).— Contrôle de la structure.— Si nécessaire contrôle unitaire de chaque pièce par essai de dureté HB.

Plaque de blocage

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

(CETIM, Etablissement de Senlis)

Nature de l'avarie

Rupture brutale d'une des neuf pattes « Pj » d'une plaque de blocage d'un système de tension de 12 câbles, au moment de sa mise en service (fig. 1).

Matière

Le dessin préconisait un acier de construction pour cémentation 16NC6 (NFA 35-551). La plaque devait être cémentée « sur 0,8 mm » et durcie par trempe et revenu pour une dureté superficielle de 500 à 550 HV.

Conditions de fonctionnement

Pendant la tension des câbles, la plaque se trouve au contact du support « S » sous l'effet de la résultante des douze efforts de friction F_i ($i = 1$ à 12). Chaque patte P_j est donc soumise à la réaction R_j telle que

$$R_j = \frac{\sum F_i}{9}$$

Elle engendre un moment fléchissant au niveau de la gorge « G » (fig. 1).

Analyse morphologique

La rupture s'est développée entre la gorge G et l'intérieur de la plaque, au niveau de la partie de plus faible section de la patte. Elle s'est produite sans déformation plastique macroscopique et son aspect est uniformément « fibré » : c'est une rupture brutale semi-fragile imputable à la réaction R_5 et propagée depuis la gorge « G » (fig. 2). Son fibrage suggère des hétérogénéités structurales en sens long de la barre de mise.

Examens complémentaires

• **Analyse chimique** : l'acier est bien du 16NC6 mais en version resulfurée à « usabilité améliorée » (série r). Ici, $S = 0,086 \%$.

• **Structure à cœur** : l'acier est constitué de bainite revenue sans anomalie. Il contient de nombreux sulfures de manganèse très filiformes dont la morphologie entre dans la classe « H » des images-type de la norme NFA 04-108 sur la caractérisation de la forme des sulfures (fig. 3). C'est la cause du fibrage du faciès de rupture.

• **Couche cémentée** : sa structure est sans anomalie (fig. 4) ; elle est martensitique revenue. La profondeur totale de traitement est de 1 mm mais le profil révèle un maximum de dureté à 0,2 mm de profondeur (fig. 5).

• **Dureté superficielle** : 580 HV 10 ou 610 HV 30, donc excessive par rapport à la visée du cahier des charges.

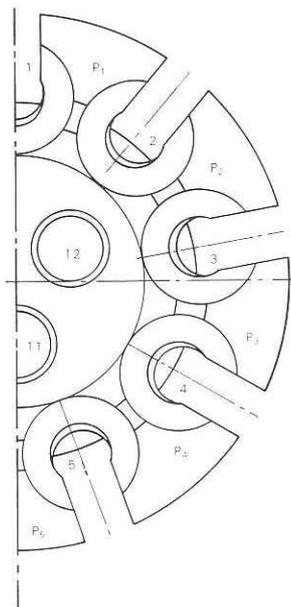


Fig. 1

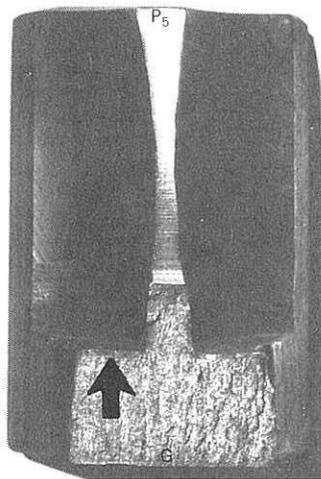
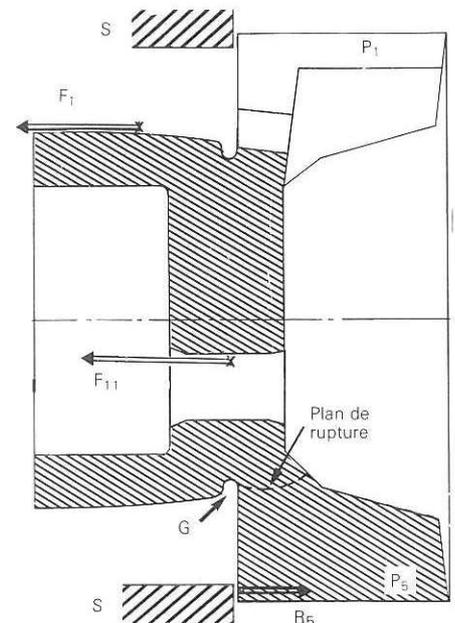


Fig. 2

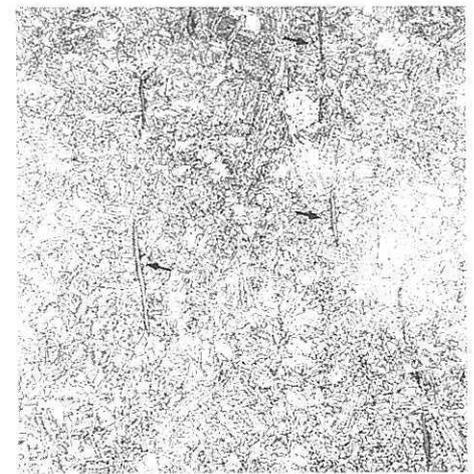


Fig. 3

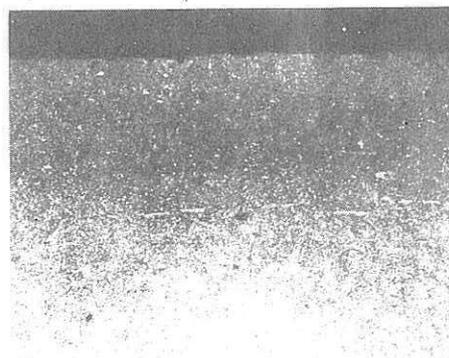


Fig. 4

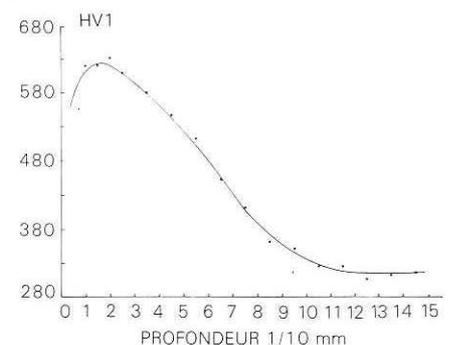


Fig. 5

Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'un acier resulfuré à sulfures non globulisés non conforme à la spécification du plan et à la normalisation. Couche cémentée vraisemblablement non conforme aux vœux du concepteur : trop « profonde » et trop dure, donc trop fragile et trop peu ductile, en surface et en sous-couche... 	<ul style="list-style-type: none"> Vérifier, selon la norme NFA 04-108, que 80 % des champs correspondent à l'image-type « D max », si la série « r » à usabilité améliorée est souhaitée. Mieux préciser le cahier des charges de la couche cémentée ; parler en profondeur conventionnelle de cémentation selon NFA 04-202. Contrôler, par prélèvement statistique, la qualité des traitements thermo-chimiques effectués.