

Cassures sur un lot de vis

par R. Glain

(CETIM, Etablissement de St-Etienne)

Nature de l'avarie

Ruptures différées sur 25 à 35 % des vis.

Matière

42 CD4 trempé revenu pour obtenir des vis de classe 10.9 (R_m mini = 1040 MPa), puis galvanisé.

Conditions d'utilisation

Boulons montés sur une charpente métallique.

Analyse morphologique

Les cassures présentent un faciès à grains de rupture brutale semi-fragile.

L'orientation des lignes radiales montre que les ruptures s'initient à fond de filet.

Examens complémentaires

Au microscope électronique à balayage (MEB), le faciès de rupture immédiatement sous le revêtement présente une zone corticale d'aspect intergranulaire très marqué, sur une épaisseur de 0,25 mm environ.

Le restant du faciès de rupture est de type ductile. L'ensemble est caractéristique d'une fragilisation superficielle des vis.

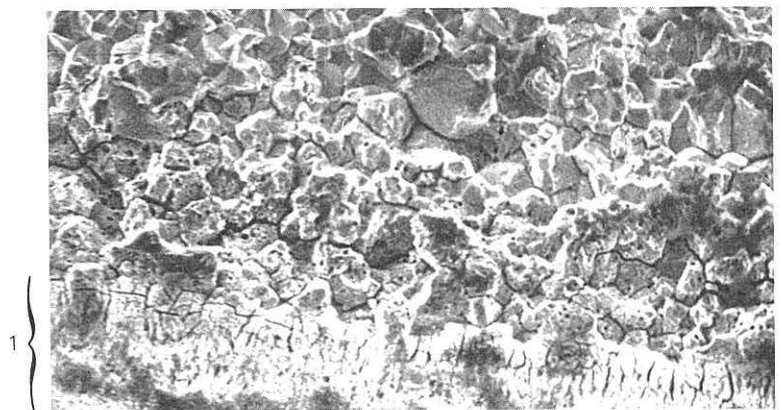
Un examen micrographique réalisé dans la zone des cassures ne met pas en évidence des défauts métallurgiques superficiels.

Des mesures de dureté à cœur des vis donnent des valeurs de l'ordre de 380 HB (dureté élevée pour la classe de vis 10.9 : 295 à 363 HB d'après NFE 25.100).

Commentaires



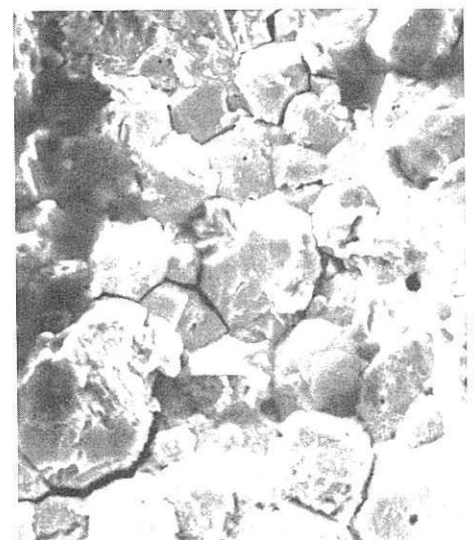
Vue d'une cassure



(x 230)

MEB

1 : Revêtement de zinc.



(x 830)

MEB

Détail de la zone de rupture intergranulaire montrant des grains déchaussés.

Causes de l'avarie	Remèdes
— Rupture différée due à une fragilisation par l'hydrogène introduit par le décapage acide sur un acier à haute résistance.	— Surveiller l'opération de décapage : <ul style="list-style-type: none"> • durée • composition (teneur en inhibiteurs).

Lame de scie à bois

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

Nature de l'avarie

Rupture brutale en service d'une scie circulaire à bois (fig. 1).

Matière

Acier à outils au chrome vanadium de nuance 50 CV 4, à l'état trempé et revenu à 450° C pour une dureté de 45 HRC.

Conditions de fonctionnement

La lame de diamètre 1 500 mm, animée d'une vitesse de rotation de 510 t/mn, est destinée au sciage de billes de bois.

Analyse morphologique

Le faciès de la cassure est typique d'une rupture brutale à caractère semi-fragile comme l'atteste la seule présence de « chevrons » dont les pointes sont orientées vers l'amorce.

On distingue deux zones :

- une zone A (fig. 2) caractéristique d'une déchirure par saccades depuis l'amorce de la rupture située au pied d'une dent ; elle se propage approximativement suivant un rayon qui s'incurve progressivement vers la tangente.
- une zone B (fig. 3) siège de la rupture finale brutale se développant suivant un arc de cercle sous l'effet des contraintes de traction.

Par ailleurs, on relève des traces d'échauffement et de dépôts métalliques sur certaines dents (fig. 4) et plus particulièrement sur la dent au pied de laquelle s'amorce la rupture.

Examens complémentaires

Examens micrographiques et mesures de dureté

Le dépôt métallique correspond à un acier ferrito-perlitique de nature totalement différente de celle de l'acier de base de la lame, dont la structure martensitique revenue et la dureté (45 HRC) sont satisfaisantes (fig. 5). On relève, en surface du bord d'attaque, une couche blanche constituée de martensite non revenue occasionnée par l'affûtage de la lame.

Fig. 1

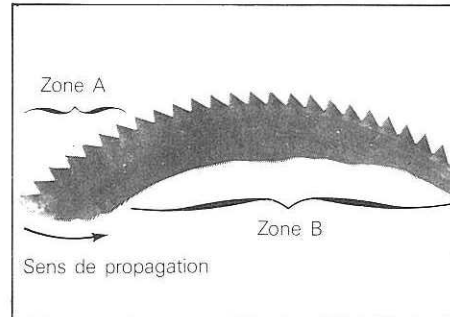


Fig. 2

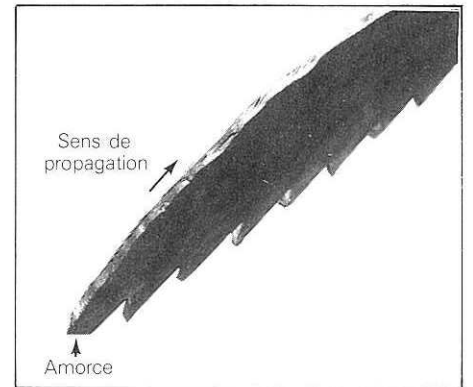


Fig. 3

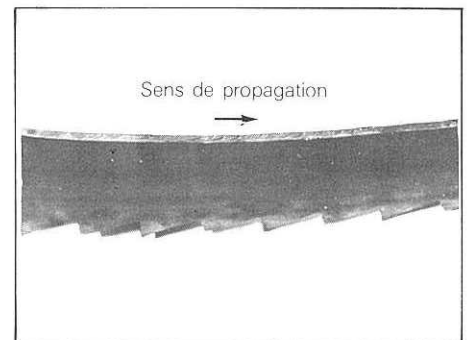


Fig. 4

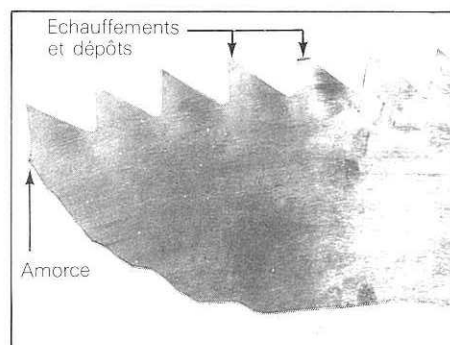
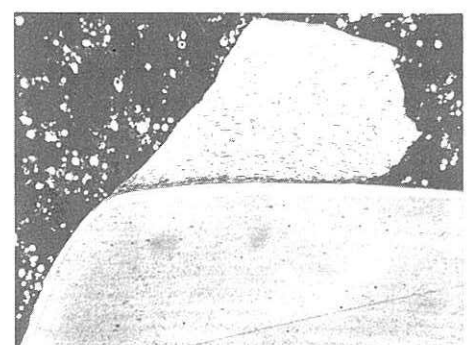


Fig. 5



X 50 attaque Nital

Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
- Rupture provoquée par la présence d'incrustations d'acier dans la bille de bois sciée.	- Attirer l'attention des utilisateurs sur le danger potentiel dû à la présence d'incrustations métalliques dans les pièces de bois à scier.

Pignon à chaîne d'entraînement d'arbre de boîte de vitesse

par P. Verré

(CETIM, Etablissement de Nantes)

Nature de l'avarie

Rupture semi-fragile à la base des dents après quelques heures de service.

Matière présumée

Acier prévu au plan 35 CD 4 traité à 900 N/mm² (MPa) et trempé après chauffage superficiel par induction sur 1,5 mm sous le pied de denture pour 50 - 55 HRC (soit 520 - 600 HV d'après NF A 03 172).

Conditions de fonctionnement

Entraînement par chaîne avec efforts de flexion plane répétée.

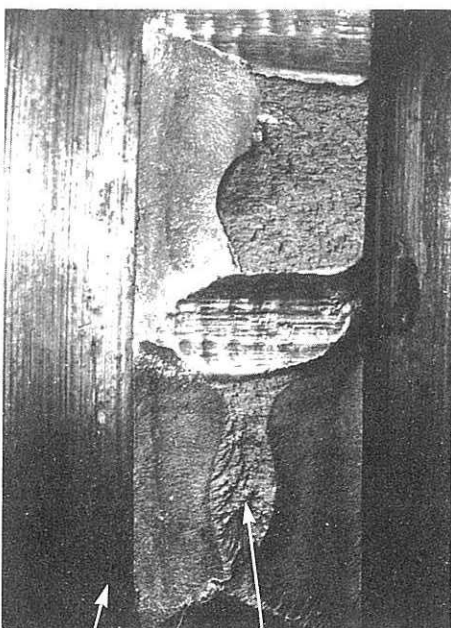
Analyse morphologique

Les ruptures sont localisées à la base des dents. Leur faciès présentent des zones d'aspect différent (Fig. 1).

Les premières d'aspect lisse et coloré sont caractéristiques des tapures de trempé.

On exclut ici l'hypothèse d'une fissuration par fatigue. Les fissurations que l'on pourrait attribuer à ce mode de propagation présentent également un aspect soyeux. Elles sont accom-

Fig. 1



Tapures Cassures brutales

pagnées toutefois de lignes d'arrêt plus ou moins marquées qui sont les vestiges des variations d'efforts appliqués à la pièce.

Les secondes au relief ligneux dit en « bois pourri » sont typiques d'un développement brutal.

Examens complémentaires

• Analyse chimique

C %	0,53
Mn %	2,11
Si %	0,34
S %	0,138
P %	0,018
Ni %	0,20
Cr %	0,20
Mo %	0,08
V %	0,12

En fait la nuance utilisée n'est pas un acier de type 35 CD 4 mais un acier à dispersoïde dont la désignation AFNOR serait voisine de la nuance 45 MFV 6 (avec une teneur en carbone supérieure à la limite maximum).

• Examen macrographique (sur une roue non rompue)

Cet examen révèle la trempé superficielle qui affecte la denture de façon très irrégulière. Le traitement est décentré par rapport à l'axe de la pièce. Dans certaines zones, il n'affecte pas le pied de denture (fig. 2).

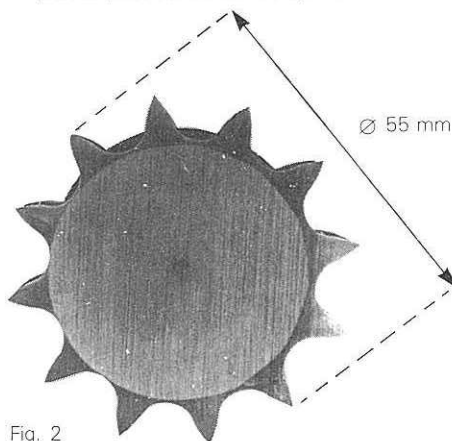


Fig. 2

• Mesure de dureté

Ces mesures révèlent un niveau très élevé à cœur des dents (environ 800 HV) et une transition brutale à la limite du traitement superficiel.

La dureté moyenne à cœur est de 315 HV (Fig.3).

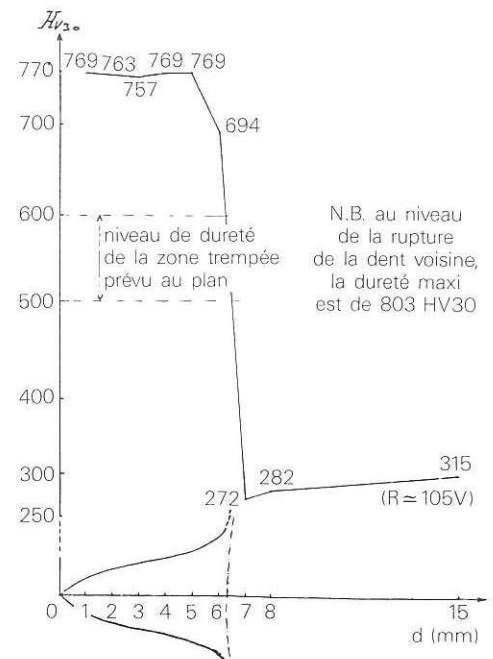


Fig. 3. Filiation de dureté Vickers 30 kg selon l'axe d'une des dents arbre repère

Commentaires

Les ruptures qui affectent les pignons se sont produites sous les sollicitations normales de service à partir de tapure de trempé générées lors du traitement des pièces.

Le tableau ci-dessous regroupe les principales causes des anomalies constatées et quelques remèdes qui pourraient contribuer à les éviter.

Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> - Nuance d'acier non prévue au plan. - Profil de trempé incorrect (décentrement) - Dureté trop élevée liée à la forte teneur en carbone de l'acier 0,53 % au lieu de 0,35 % pour l'acier prévu. - Paramètre de traitement non adapté à l'acier traité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser l'acier prévu au plan (35 CD 4) et appliquer le traitement 1,5 mm sous le pied de denture. - L'emploi de l'acier 45 MFV 6 (acier à dispersoïdes) peut être conservé en optimisant les paramètres de traitement.

Poinçon en acier rapide

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



Fig. 1

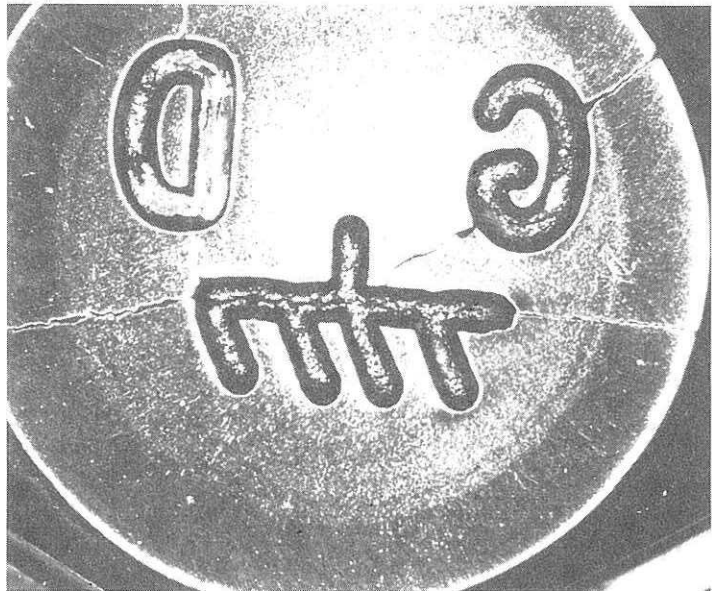


Fig. 2

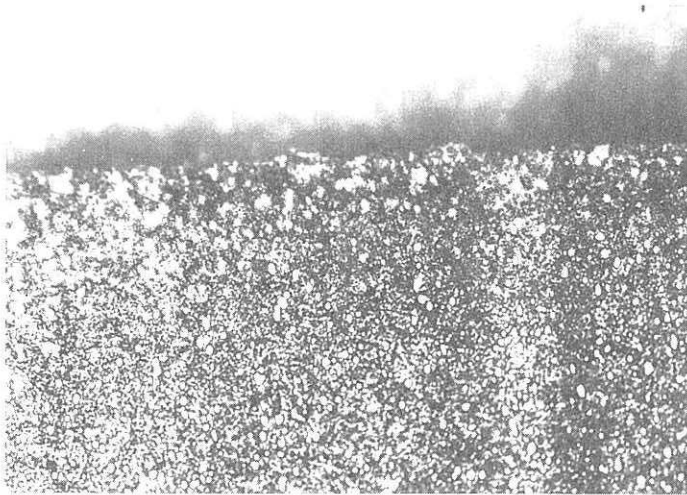


Fig. 3

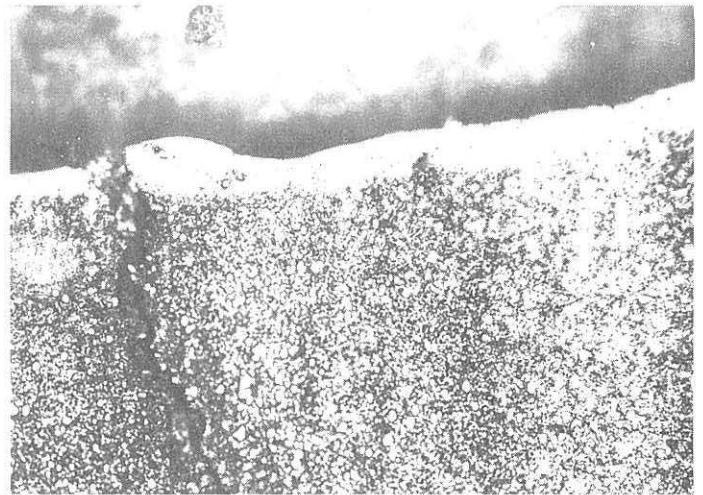


Fig. 4

Nature de l'avarie

Fissuration en service d'un poinçon de découpage et de marquage après un temps anormalement court de fonctionnement.

Matière

Le poinçon est réalisé en acier rapide de désignation abrégée 6-5-2 (NFA 35-590). Il a été trempé et revenu pour une dureté de 60 HRC puis les gravures de sa face inférieure ont été effectuées par électro-érosion.

Conditions de fonctionnement

Le poinçon sert à la frappe à froid de pièces de mécanique. Il est donc soumis à des chocs répétés du côté de sa face travaillante gravée qui s'imprime dans le métal ouvrage.

Analyse morphologique

L'examen à la loupe binoculaire des fissurations révèle qu'elles passent, sur une partie de leur trajet, par les fonds des gravures dont l'aspect est très rugueux (fig. 1 et 2). Ceci peut être dû, en partie, aux effets de concentration de contraintes qu'ils engendrent.

Examens complémentaires

- **Analyse chimique** : l'analyse n'a révélé aucune anomalie. L'acier répond bien aux spécifications, sur produit, de la nuance Z 85 WDCV 06-05-04-02 (ou 6-5-2).
- **Dureté** : à cœur on a relevé une dureté de 59,1 HRC. C'est relativement faible pour la nuance concernée.
- **Structure métallurgique** : à cœur, et jusqu'en extrême surface en zone plane, la structure, parsemée de fins carbures non

redissous, est martensitique et fortement revenue (fig. 3). Ce dernier point explique le faible niveau de dureté mais ce n'est pas une anomalie vis-à-vis du cahier des charges.

En fonds de gravures (fig. 4), on relève, en extrême surface, une couche non attaquée caractéristique d'une retrempe localisée imputable à un échauffement superficiel intense suivi d'un refroidissement rapide. Elle trouve son origine dans les conditions d'usinage des gravures par électro-érosion.

Commentaires

Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> • Les structures superficielles en fonds de gravures ont engendré des contraintes résiduelles néfastes à la tenue de l'outil, dans des zones qui sont de plus le siège de concentrations de contraintes en service. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuster convenablement les paramètres de l'usinage des gravures par électro-érosion (durées d'impulsions < 50 μs en ébauche, puis finition suffisamment longue avec durée d'impulsions < 10 μs (*)). • Réaliser le revenu final vers 550 °C.

(*) Cf. l'article « Qualité des outillages de presse usinés par électro-érosion » CETIM - Informations n° 64, février 1980.