

La cause de l'accident?

Étudions les microfractographies

On peut trouver les causes de la rupture d'une pièce métallique en examinant la cassure car la configuration de la surface de rupture varie avec la cause et donne des renseignements intéressants, un peu de la même manière que les empreintes digitales renseignent sur l'identité des malfaiteurs. Pour ce travail de détection, M. William Wiebe, de l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Canada, se sert régulièrement d'un microscope électronique dont le grossissement peut atteindre 200 000.

Grâce à ce microscope, M. Wiebe peut "interpréter" les caractéristiques des cassures métalliques et ainsi déterminer, avec une quasi-certitude, les causes de rupture.

Ce domaine de recherches, appelé fractographie électronique, est appliqué à l'étude des causes des ruptures prématurées de composantes d'avions, de véhicules automobiles et d'équipements industriels. Les résultats obtenus par les chercheurs permettent d'empêcher que les conditions de rupture ne se reproduisent et, de ce fait, d'éviter des pertes en vies humaines et des dommages sérieux aux véhicules et aux équipements.

Certains des travaux de M. Wiebe se rapportent à l'estimation de l'endurance de composantes métalliques particulières. Il a ainsi pu formuler des recommandations concernant les durées séparant les inspections visant à repérer les microfissures qui, en se propageant, conduisent à la rupture. La

fractographie a ainsi pu contribuer grandement à la sécurité des aéronefs en vol car c'est elle qui a permis d'estimer la vitesse de propagation des fissures de fatigue et, ainsi, la durée de vie des longerons d'ailes et des roues des avions.

M. Wiebe a douze ans d'expérience en ce domaine au CNRC et il nous a bien expliqué que chaque cause de rupture a son "empreinte digitale", c'est-à-dire que ce qui s'est passé depuis l'origine de la microfissure jusqu'à la rupture apparaît sous une forme visible au microscope électronique. À l'échelle microscopique, on classe les ruptures suivant leur origine: ductiles, de clivage, de fatigue ou intergranulaires, toutes détectables au microscope électronique. Les ruptures se produisent très vite, sous l'action de fortes contraintes apparaissant soudainement, ou beaucoup plus lentement, après des mois, durant lesquels les fissures progressent sous l'action de contraintes moins élevées mais fréquentes.

La rupture par ductilité est produite par un "glissement" étendu le long des plans cristallographiques et, à l'échelle macroscopique, par déformation permanente de l'échantillon. Ces ruptures se font déjà à l'intérieur du métal lorsque des vides microscopiques y apparaissent et y grandissent, habituellement dans le voisinage d'inclusions relativement cassantes ou d'imperfections de la structure métallique elle-même. Sous l'action des charges, les vides grandissent ce qui diminue les sections efficaces de résistance et, de ce fait, augmente les contraintes jusqu'à la rupture. La surface de rupture apparaît alors, sous fort grossissement, comme bosselée et "ridée". Ces rides sont allongées lorsque la déformation s'est faite en cisaillement et dans le domaine plastique non uniforme.

Les fissures par clivage se propagent habituellement par progressions simultanées sur un certain nombre de plans cristallographiques. Elles sont reliées par des marches formées par clivage secondaire ou par rupture ductile. Les marches sont orientées en direction de la propagation locale de la fissure et donnent les "configurations en rivières" caractéristiques.

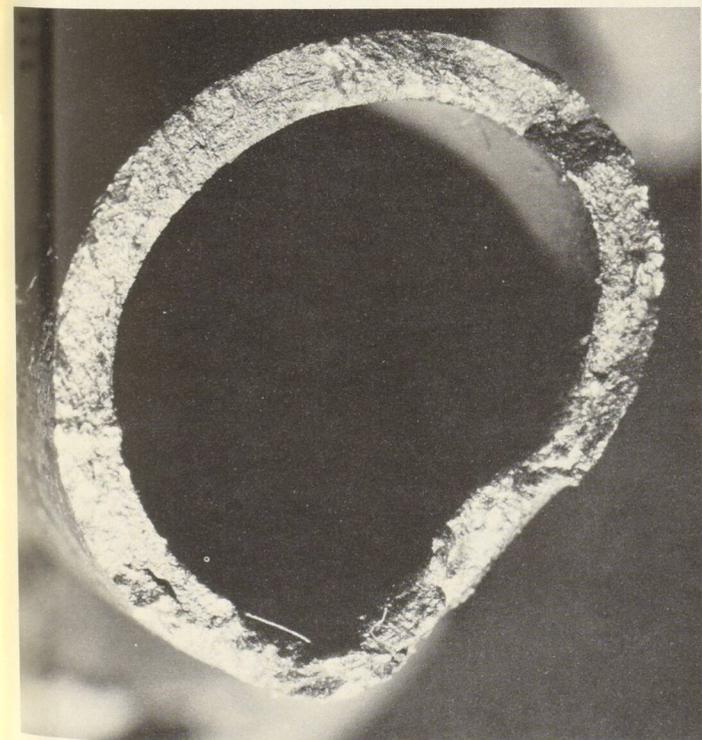
Les surfaces de rupture par fatigue sont souvent caractérisées par des stries, c'est-à-dire des marques linéaires, des crêtes ou des sillons perpendiculaires à l'axe de développement de la fissure. On a démontré que les stries apparaissent l'une après l'autre à mesure que la fissure progresse et que chacune d'elles correspond à un cycle de mise en charge. Les espaces entre les stries sont proportionnels à l'intensité des contraintes au cours du cycle.

Les ruptures intergranulaires sont produites quand la direction de la fissure suit les joints de grains du métal. Dans ce cas, la surface de rupture, vue au microscope, rappelle celle de cristaux.

De nombreuses composantes industrielles rompues en service sont envoyées au laboratoire de M. Wiebe, à Ottawa. Ces composantes varient beaucoup et vont de celles de machines à coudre industrielles aux commandes d'ailerons des avions mais la question fondamentale est toujours la même: quelle a été la cause de la rupture et comment peut-on empêcher d'autres ruptures de ce type de se produire?

C'est alors que M. Wiebe essaye de résoudre le problème avec son collaborateur, M. Ray Dainty, agent technique.

À l'œil nu, on peut habituellement localiser le point de départ de la rupture. En outre, la méthode des répliques permet de ne pas endommager les surfaces de ruptures car ce sont ces répliques des surfaces que l'on examine au microscope électronique. Pour obtenir une réplique, on adoucit à l'acétone une feuille d'acétate de cellulose pour qu'elle puisse coller;



Fracture surface of the failed brake line tubing indicating the fatigue area and the rapid ductile fracture area. (Magnified 17 times).

Vue, grossie 17 fois, de la surface de rupture de la conduite de freinage. La différence de texture de cette surface met en évidence une zone de rupture par fatigue et une zone de rupture ductile rapide.