

puis elle est pressée fermement contre la surface de rupture où elle reste une heure environ. On la décolle ensuite et l'on remarque qu'elle a pris la même forme que la surface de rupture.

"La méthode peut sembler primitive", nous a dit M. Wiebe, "mais elle est très fidèle".

La feuille d'acétate est ensuite placée sur une plaquette de verre et introduite dans un appareil à évaporation sous vide afin d'y recevoir une très mince couche de chrome et de carbone, le chrome sous un angle de 45° pour donner un contraste et le carbone sous un angle de 90°.

On dissout ensuite l'acétate de cellulose dans un mélange d'eau et d'acétone ce qui donne une réplique très mince de chrome et de carbone de la surface de rupture et, notamment, de l'endroit où la fissure a commencé. C'est ce que l'on examine au microscope électronique.

Comme exemple d'application intéressante de la microfractographie, on peut citer le cas du circuit hydraulique des freins d'un gros camion. Une conduite de ce circuit ayant cédé, un grave accident de la route avec pertes de vies humaines est arrivé. L'enquête a montré que l'accident s'est produit par rupture d'une canalisation du circuit de freinage et c'est pour connaître la cause de cette rupture que la canalisation rompue a été apportée au Laboratoire des structures et des matériaux de l'Établissement aéronautique national.

On a utilisé la méthode des répliques sur toute la surface de rupture et l'on a examiné les caractéristiques de cette surface au microscope électronique avec un grossissement de 6 000 et de 18 000.

L'étude au microscope a mis en évidence très clairement les stries caractéristiques d'une rupture progressive et lente par fatigue sur une grande partie de la périphérie et, sur le reste, les rides caractéristiques du cisaillement causé par l'application soudaine d'une charge unique.

Les travaux des chercheurs conduits, dans ce cas particu-

lier, par M. J.F.W. McCaffrey, également et l'Établissement aéronautique national, ont été alors centrés sur les causes de la rupture par fatigue. Ce groupe a procédé à des essais rigoureux de conduites identiques en laboratoire. Ces essais ont montré que la surface de rupture se trouvait à environ cinq millimètres (3/16 de pouce) de l'extrémité du tube porteuse de la bague-écrou raccordant le tube au cylindre récepteur. Soit au montage en usine, soit durant l'entretien, la bague-écrou avait été défaite et reculée jusqu'en un point où elle avait laissé un sillon dans le métal et ainsi avait donné une amorce de rupture par fatigue.

"Il est possible qu'un sillon comme celui-ci, à bords relativement aigus, ait donné la concentration de contraintes à l'origine de la première microfissure qui s'est ensuite propagée par fatigue jusqu'au moment de la rupture en cet endroit", peut-on lire dans le procès-verbal d'essais de M. Wiebe.

On a fait, en laboratoire, des essais de fatigue pour déterminer la fréquence propre des vibrations de ces conduites et pour essayer de reproduire la rupture par fatigue. On y est parvenu.

On a alors équipé un camion, semblable au camion accidenté, d'instruments qui ont permis de mettre en évidence que la fréquence des vibrations de cette conduite, lorsque le camion roulait à 55 miles à l'heure (88 kilomètres à l'heure), c'est-à-dire à sa vitesse normale d'utilisation, était la même que la fréquence propre du tube. Il y avait donc résonance.

La solution était simple: il suffisait de fixer différemment le tube sous le camion pour changer la fréquence vibratoire durant le roulement et, de ce fait, pour éliminer la résonance.

La fractographie électronique est utilisée internationalement pour déterminer les causes des ruptures. La "American Society for Metals" prépare des manuels entièrement consacrés à la fractographie et à l'étude des causes de rupture.

Actuellement, on fait des recherches sur les aspects microscopiques des ruptures. En général, les microfissures se propagent à l'intérieur du métal en passant par les régions les plus faibles. C'est pourquoi l'étude microfractographique de détails très petits représente un domaine potentiellement intéressant sur le plan de la recherche. On essaye donc de corréliser les modes de rupture des matériaux avec leur microstructure surtout dans le cas de matériaux incorporant des fibres métalliques, ou non métalliques, en vue d'obtenir de nouveaux matériaux capables de résister aux températures très basses et très élevées et aux conditions d'emploi en énergie nucléaire. □

Left, top to bottom: dimples on the fracture surface of an aluminum alloy component, indicating rapid ductile fracture. (Magnified 2,130 times). "Rock candy" structure of the fracture surface of high strength steel, indicating intergranular fracture. (Magnified 2,130 times). Cleavage fracture of steel, as seen in the electron microscope. (Magnified 4,260 times). Right, top to bottom: striations formed on the fatigue fracture surface of an aluminum alloy component. (Magnified 5,325 times). Elongated ductile dimples on the rapid fracture surface area of the failed brake line tubing. (Magnified 8,520 times). Fatigue striations observed on the fatigue area of the fracture surface of the failed brake line tubing as viewed in the electron microscope. (Magnified 4,970 times).

A gauche et de haut en bas: vue détaillée, grossie 2 130 fois, de la surface de rupture "ridée" d'un alliage d'aluminium entrant dans la composition d'une pièce. Cette configuration indique une rupture ductile rapide. Vue détaillée, grossie 2 130 fois, de la structure cristalline de la surface de rupture d'un acier à haute résistance. Cette configuration indique une rupture intergranulaire. Vue détaillée, grossie 4 260 fois, de la rupture d'un acier par clivage. A droite et de haut en bas: vue détaillée, grossie 5 325 fois, des stries de la surface de rupture par fatigue d'une pièce en alliage d'aluminium. Vue détaillée, grossie 8 520 fois, de la surface de rupture ductile rapide d'une conduite d'un circuit de freinage. Cette rupture est caractérisée par des protubérances, ou "rides", allongées. Vue, grossie 4 970 fois, des stries de fatigue observées à la surface de rupture de la zone rompue par fatigue.