

file *metallu*

THE EFFECT OF HYDROSTATIC PRESSURE ON THE DUCTILE-BRITTLE TRANSITION IN MOLYBDENUM*

J. R. GALLI[†] and P. GIBBS[‡] (2)

The ductile-brittle transition temperature for bend specimens of recrystallized powder metallurgy molybdenum has been shown to be lowered from 50°C to 2°C by the application of a hydrostatic pressure of ~20,000 psi (~1.4 kbar). The pressure medium was kerosene. The samples were obtained from 0.020 in. dia. wire which was stated to be 99.95% pure and after recrystallization had an average grain diameter of 1/40 mm. It was shown within experimental error that an applied hydrostatic pressure of 20,000 psi results in an increase in the fracture stress by this same amount and thus it is concluded that the rate controlling mechanism of fracture is governed by the tensile component of the applied stress and in fact is independent of a corresponding change in the maximum shear stress of 10,000 psi. It is argued that any critical shear stress which may be important to the fracture process must have a value at or below the value of the maximum shear stress at the transition temperature corresponding to atmospheric pressure. It is estimated that at least for some cases this value is as low as 37,500 psi.

EFFET DE LA PRESSION HYDROSTATIQUE SUR LA TRANSITION DE RUPTURE (DUCTILE-FRAGILE) DU MOLYBDENE

Les auteurs montrent que la température de transition entre la rupture ductile et fragile par flexion d'éprouvettes de molybdène fritté et recristallisé, passe de 50 à 2°C, lors de l'application d'une pression hydrostatique de 20.000 psi (14 kg/mm²). Dans cette étude, la pression était exercée par l'intermédiaire de kérosène. Les échantillons provenaient de fils 0,51 mm. de diamètre à 99,95% de pureté, présentant après recristallisation une grosseur de grain de 1:40 mm.

Les auteurs montrent également qu'à l'erreur expérimentale près, l'application d'une pression hydrostatique de 20.000 psi (14 kg/mm²) entraîne un accroissement du même ordre de grandeur de la charge de rupture. Ils en concluent que la composante de traction de la pression appliquée gouverne le mécanisme de contrôle de la vitesse de rupture et que ce mécanisme est le fait indépendant d'une variation correspondante de la cission critique maximale de 10.000 psi (7 kg/mm²). Les auteurs démontrent que toute tension critique de cisaillement susceptible de jouer un rôle important dans le processus de fracture doit avoir une valeur égale ou inférieure à la cission maximale pour la température de transition relative à la pression atmosphérique. Ils estiment que la valeur de celle-ci est, du moins dans certains cas, aussi faible que 37.500 psi (20 kg/mm²).

DER EINFLUSS HYDROSTATISCHEN DRUCKS AUF DEN ÜBERGANG DUKTIL-SPRÖDE VON MOLYBDÄN

Bei Anwendung eines hydrostatischen Druckes von ~20,000 psi (~1.4 kbar) ergab sich eine Erniedrigung der Übergangstemperatur des Übergangs duktil-spröde bei Beugung von Proben aus rekristallisiertem gesintertem Molybdän von 50°C auf 2°C. Als Druckmedium wurde Kerosin benutzt. Die Proben wurden aus Draht von 0.020 in. Durchmesser mit einem angegebenen Reinheitsgrad von 99.95% hergestellt; nach der Rekristallisation hatten sie einen mittleren Korndurchmesser von 1/40 mm. Innerhalb der experimentellen Fehler ergab ein hydrostatischer Druck von 20,000 psi eine Erhöhung der Bruchspannung um denselben Betrag; wir schließen daher, daß der geschwindigkeitsbestimmende Bruchmechanismus durch die Zugkomponente der äußeren Spannung bestimmt ist und tatsächlich unabhängig von einer entsprechenden Änderung der maximalen Scherspannung um 10,000 psi ist. Es wird begründet, daß jede kritische Schubspannung, die für den Bruchprozeß wesentlich sein soll, einen Wert haben muß, der dem Wert der maximalen Schubspannung bei der Übergangstemperatur, die bei Atmosphärendruck auftritt, gleichkommt oder unter ihm liegt. Es wird geschätzt, daß zumindest in einigen Fällen dieser Wert nicht höher als 37,500 psi ist.

INTRODUCTION

It is generally accepted that the ductile-brittle transition is due to the competition between yield and fracture, and that a strongly temperature dependent yield stress is a prerequisite for a narrow transition region in b.c.c. metals. Most of the widely recognized theories of the ductile-brittle transition have in common the need for the operation of slip dislocations which can subsequently result in either fracture or yield, depending upon the temperature and other important variables.⁽¹⁻⁷⁾ Cottrell^(1,2) and Petch^(3,5) have independently concluded that the fracture process consists essentially of two parts: (a) the formation of a crack nucleus as a result of

dislocation coalescence, and (b) the propagation of this crack. They further conclude that the growth of the crack is more difficult than its initiation. In support of this, Cottrell cites evidence that the hydrostatic component of the applied stress system plays a role in determining the relative brittleness of a material.

EXPERIMENTAL PROCEDURE

The pressure vessel was similar to that described in Refs. 8 and 9. The relative viscosity indicated that the kerosene sample environment was liquid within the range of temperatures and pressures explored. The pressure was determined by measuring the pressure in the hydraulic lines on a precision Heise pressure gauge and then converting this reading to the pressure in the vessel by using the appropriate areal conversions. Frictional forces were calibrated, and found to be negligible below 20,000 psi (~1.4 kbar) and above this pressure they were less than 1,000 psi (~0.07 kbar) for all pressures studied.⁽¹⁰⁾

* Received April 22, 1963.

† The research is a part of a dissertation submitted for Ph.D. in Physics at University of Utah, Salt Lake City, Utah.

Now at: Department of Physics, Weber State College, Ogden, Utah.

‡ Department of Physics, University of Utah, Salt Lake City, Utah.