

MÉTALLOGRAPHIE. — *Variation de la cission critique des divers modes de glissement de monocristaux d'uranium α déformés par compression en fonction de la température (entre 20 et 650°C). Note (*) de MM. JOHN S. DANIEL, ANDRÉ LE FLOCH, FRANÇOIS JEAN-LOUIS et PAUL LACOMBE, présentée par M. Georges Chaudron.*

La déformation de monocristaux d'uranium α par compression permet de déterminer avec plus de précision la variation de la cission critique des modes de glissement (010) [100], (001) [100], (110) [1 $\bar{1}$ 0] et (021) [1 $\bar{1}$ 2] en fonction de la température (de 20 à 600°C). Un glissement (021) [100] a été de plus révélé, actif seulement à haute température (> 500°C). Ces résultats expérimentaux appuient les hypothèses basées sur la théorie de l'élasticité anisotrope.

Nous avons présenté récemment ⁽¹⁾ les résultats d'une étude du glissement de monocristaux de changement de phase d'uranium de pureté nucléaire courante déformés par traction entre 400 et 650°C. Les nombreux inconvénients de l'essai de traction [difficultés de préparation de cristaux

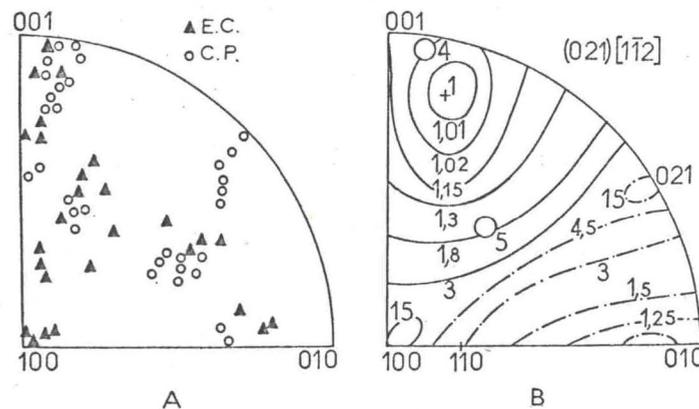


Fig. 1 A. — Projection stéréographique des plans normaux aux axes de compression des monocristaux étudiés (E. C., écrouissage critique; C. P., changement de phase).

Fig. 1 B. — Orientations des cristaux 4 et 5 et variation du facteur de Schmid $1/2 \cos \theta \cos \lambda$ pour le système de glissement (021) [1 $\bar{1}$ 2].

par écrouissage critique ⁽²⁾, gamme d'orientations limitée donnée par la méthode de changement de phase ⁽³⁾, nous ont conduits à continuer l'étude par essais de compression. Le montage de compression utilisé avait les mêmes caractéristiques de vide et de température que le montage de traction précédemment décrit ⁽⁴⁾.

Dans les gros cristaux obtenus, soit par écrouissage, soit par changement de phase $\beta \rightarrow \alpha$ ⁽⁵⁾, on a découpé par étincelage des échantillons parallé-

lépipédiques de 2,5 à 3,5 mm de long et de 1 à 2 mm² de section. Leur orientation a été déterminée par la méthode de Laue en retour et la figure 1 A indique les orientations des cristaux obtenus par les deux méthodes.

La vitesse de compression a été choisie de 2 % par minute. L'essai est arrêté dès que l'on atteint la limite élastique ou, au plus, 0,5 % de déformation plastique, et la cission critique réduite est calculée en mesurant la contrainte correspondant au premier écart à la linéarité de la courbe. Les plans de glissement sont identifiés par la méthode des deux surfaces orthogonales.

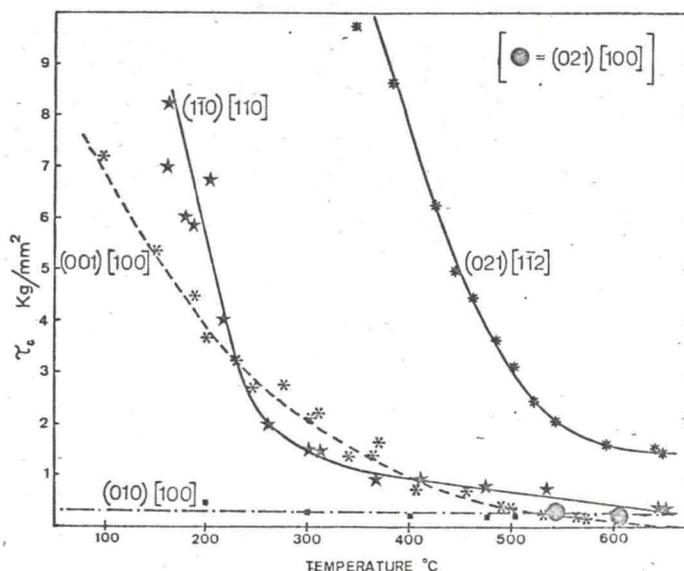


Fig. 2. — Variation de la contrainte de cission critique réduite avec la température pour les divers systèmes de glissement de l'uranium α .

Le premier but des essais de compression fut de comparer les valeurs de la cission critique réduite, à diverses températures, pour un certain nombre de systèmes de glissement, dans le cas des deux types de monocristaux préparés par changement de phase et par écrouissage critique. On constata alors que pour un système de glissement donné et pour une même température, les valeurs de la cission critique réduite étaient sensiblement identiques dans les deux cas. Ce résultat est un peu inattendu, bien que dans les publications antérieures aucun auteur n'ait étudié simultanément les deux types de monocristaux. De ce fait, les différences notées proviennent probablement de définitions différentes de la mesure de la limite élastique.

La figure 2 montre les variations de la cission critique réduite en fonction de la température pour quatre systèmes de glissement de l'uranium α . Bien que l'on puisse rapprocher ce diagramme de ceux obtenus pour les

métaux hexagonaux compacts (Be, Mg), dans le cas de l'uranium α le nombre de systèmes actifs est plus grand et la variation de la cission critique réduite plus complexe. Il est cependant remarquable de constater le bon accord entre ces résultats et ceux prévus à propos de l'influence de la température sur le glissement de l'uranium α en se basant sur la théorie de l'élasticité anisotrope [(⁶), (⁷)].

Deux difficultés demeurent pour comparer les résultats théoriques et expérimentaux à propos des directions de glissement associées aux plans (110) et (021). Pour le plan (110), la théorie [(⁶), (⁸)] prévoit sans ambiguïté la direction $[1\bar{1}0]$, ce qui a été confirmé par des mesures de rota-

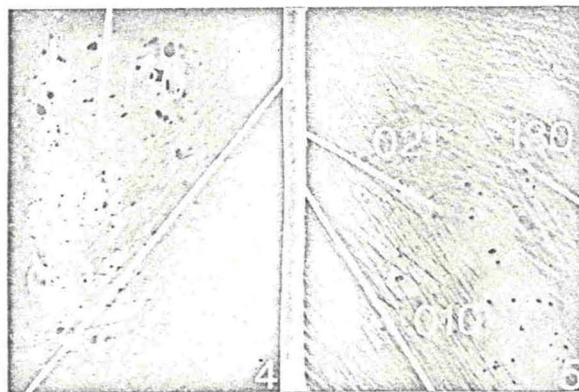


Fig. 3. — Les deux monocristaux 4 et 5 après 1,5 et 1 % de déformation à 544°C respectivement.

Angles entre les directions de glissement et le plan de la figure :
Cristal 4, $[100]$ 48°; $[1\bar{1}2]$ 20°. Cristal 5, $[100]$ 57°; $[1\bar{1}2]$ 10°.

tion du réseau à 500°C (¹). Malgré le grand nombre d'orientations favorables étudiées dans cette étude, le système (110) $[001]$ n'a jamais été observé, bien qu'il ait été signalé par d'autres auteurs [(⁹), (¹⁰)].

Pour le plan (021), la théorie prévoit que le glissement (021) $[100]$ devrait être plus facile que (021) $[1\bar{1}2]$, bien que la seule étude antérieure (¹¹) à 600°C, concernait le système (021) $[112]$. Nous avons observé les deux systèmes respectifs : (021) $[1\bar{1}2]$ et (021) $[100]$. La cission critique pour celui-ci était nettement inférieure à celle du premier à 544 et 608°C (fig.2). La figure 3 concerne deux échantillons d'orientations fixées par la figure 1 B, déformés à 544°C. L'échantillon 4 présente des lignes de glissement relativement droites correspondant au plan (021). Bien que la direction de glissement n'ait pu être vérifiée par l'astérisme des taches de Laue, en raison de pliages apparaissant pour des déformations très faibles qui masquent la rotation du réseau, la méthode de la « ligne évanescence » et l'orientation du cristal ont permis d'identifier la direction $[1\bar{1}2]$. L'échantillon 5 s'est

déformé par glissement primaire sur (021) à 608 et 544°C, glissement légèrement masqué par le glissement (010) en fin de déformation. L'orientation et l'ondulation des lignes de glissement ont suggéré un glissement suivant [100] avec des glissements déviés sur d'autres plans de la zone (100). Les valeurs des cisssions réduites sont données dans la figure 2. Le glissement sur le plan (021) est plus aisé dans la direction [100] que dans la direction [112]. Le fait que le système (021) $[\bar{1}\bar{1}2]$ ait été observé plus souvent que l'autre s'explique par des considérations du facteur de Schmid. Les orientations qui favorisent (021) $[\bar{1}\bar{1}2]$ conduisent en effet à des facteurs de Schmid voisins de zéro pour les systèmes faisant intervenir les directions [100] et [110] (fig. 1 B).

En conclusion, l'étude des modes de glissement de l'uranium α a été étendue, grâce aux essais de compression, à des températures plus basses et à un domaine d'orientation plus large. L'accord entre les résultats obtenus et les prévisions théoriques basées sur la théorie de l'élasticité en milieu anisotrope est très encourageant. En particulier, ceci nous a permis de lever une incertitude qui pesait sur les systèmes de glissement suivant le plan (021).

(*) Séance du 14 octobre 1968.

(¹) J. S. DANIEL, F. JEAN-LOUIS et P. LACOMBE, *J. Nucl. Mat.*, 26, 1968, p. 319.

(²) F. JEAN-LOUIS, J. S. DANIEL et P. LACOMBE, *Comptes rendus*, 264, série C, 1967, p. 1818.

(³) A. LEMOGNE et P. LACOMBE, *J. Nucl. Mat.*, 16, 1965, p. 129.

(⁴) F. JEAN-LOUIS, G. CIZERON et J. PERRIER, *Mém. scient. Rev. Métal.*, 62, 1965, p. 495.

(⁵) J. MERCIER, D. CALAIS et P. LACOMBE, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 110.

(⁶) I. SAXL et J. OTRUBA, *J. Nucl. Mat.*, 26, 1968, p. 325.

(⁷) M. H. YOO, *J. Nucl. Mat.*, 26, 1968, p. 307.

(⁸) I. SAXL, J. KOCIK et J. OTRUBA, *J. Nucl. Mat.*, 25, 1968, p. 172.

(⁹) R. O. TEEG et R. E. OGLIVIE, *J. Nucl. Mat.*, 3, 1961, p. 81.

(¹⁰) L. T. LLOYD, P. LACOMBE, D. CALAIS et M^{me} N. SIMENEL, *J. Nucl. Mat.*, 3, 1961, p. 241.

(¹¹) H. H. CHISWIK et coll., *Proc. 2nd U. N. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy*, 6, 1958, p. 394.

(Laboratoire de Métallurgie
de la Faculté des Sciences d'Orsay, Bâtiment 410, 91-Orsay, Essonne
et Centre de Recherches métallurgiques de l'École des Mines de Paris,
Laboratoire associé au CNRS, n° 78,
60, boulevard Saint-Michel, 75-Paris, 6^e.)