

## Shock + Rolling Tests on Fe-Co-V Alloy. Further Recovery Behaviour.

ETUDE DE L'ALLIAGE Fe-Co-V DEFORME PAR CHOC OU PAR LAMINAGE.  
INFLUENCE DE REVENUS ULTERIEURS\*

J. C. DESOYER,† J. P. EYMERY† et P. MOINE†

Les auteurs ont soumis à un choc de pression 260 kb des échantillons polycristallins de Fe-Co-V initialement désordonnés ou ordonnés. Dans l'alliage désordonné (cubique centré) le choc crée des mâcles du type classique (112) et la répartition des dislocations d'écroutissage est à peu près uniforme. Dans l'alliage initialement ordonné, le choc crée des parois d'antiphases et détruit partiellement l'ordre à longue distance; quelques mâcles très fines peuvent être observées mais leur système n'est pas encore déterminé; aucune structure cellulaire de dislocations n'est apparue. Les auteurs ont également effectué des comparaisons avec des échantillons laminés; ce dernier mode de déformation ne désordonne pratiquement pas l'alliage; la répartition des dislocations qui en résulte est uniforme dans les échantillons désordonnés, et prend l'aspect cellulaire dans les échantillons ordonnés faiblement déformés.

L'influence de revenus d'ordre a été également étudiée sur les échantillons initialement désordonnés puis écroutés par choc ou par laminage. Il est apparu que, dans les deux cas, la dureté et la taille des domaines antiphases croissaient tandis qu'apparaissait un état polygonisé; l'augmentation de dureté est d'autant plus importante que le taux d'écroutissage initial est plus élevé. Au contraire, sur les échantillons ordonnés puis choqués, un revenu entraîne une diminution de la dureté et une augmentation de la taille des domaines antiphases.

## SHOCK AND ROLLING TESTS ON Fe-Co-V ALLOY. FURTHER RECOVERY BEHAVIOUR

260 kb pressure shock tests on disordered or ordered polycrystalline Fe-Co-V specimens were carried out. In disordered alloy (b.c.c.), the shock resulted in classical (112) twins and work hardening dislocations were distributed nearly uniformly. In ordered alloy, the shock created antiphase boundaries and partially destroyed long range order; some very thin twins could be observed, but their type is not yet determined; no cellular structure appeared. Comparisons with rolled specimens were made; the alloy was nearly not disordered by rolling, dislocations were uniformly distributed in disordered specimens and a cellular structure appeared in slightly strained ordered specimens.

Furthermore, the effect of ordered recovery was investigated in specimens first disordered and then work hardened by shock or rolling. In both conditions, it appeared that the hardness and the size of antiphase boundaries increased while a polygonized structure appeared; the more important was the hardness increase, the higher was the initial work hardening rate. On the contrary, in specimens ordered then shocked, a recovery resulted in a decrease of hardness and an increase of antiphase boundary size.

## SCHOCK- UND WALZVERFORMUNG EINER Fe-Co-V-LEGIERUNG. ERHOLUNGSVERHALTEN

Geordnete und ungeordnete polykristalline Fe-Co-V-Proben wurden schockverformt (260 kb). Die Schockverformung erzeugte in der ungeordneten Legierung (b.c.c.) klassische Zwillinge (112) und die Versetzungen waren nahezu homogen verteilt. In der geordneten Legierung entstanden durch die Schockverformung Antiphasengrenzen und die Fernordnung wurde teilweise zerstört. Einige sehr dünne Zwillinge, deren Typ noch nicht bestimmt werden konnte, wurden beobachtet. Vergleiche mit gewalzten Proben wurden angestellt. Durch das Walzen wurde die Ordnung praktisch nicht zerstört. In ungeordneten Proben waren die Versetzungen gleichmäßig verteilt; in den schwach verformten geordneten Proben zeigte die Versetzungsanordnung eine Zellstruktur.

Außerdem wurde die Erholung der Ordnung an zunächst ungeordneten und dann schock- bzw. walzverformten Proben untersucht. In beiden Fällen nahmen die Festigkeit und die Größe der Antiphasendomänen zu, wobei gleichzeitig eine Polygonisation eintrat. Je größer die Anfangsverfestigung war, umso stärker war die Festigkeitszunahme. Im Gegensatz dazu nahm in den zunächst geordneten Proben nach der Schockverformung die Festigkeit ab und die Größe der Antiphasendomänen nahm zu.

## 1. INTRODUCTION

Les effets d'une onde de choc sur un alliage ordonné n'ont fait jusqu'à présent l'objet que de peu de recherches. L'étude la plus détaillée a été réalisée par Mikkola et Cohen<sup>(1)</sup> qui, à la suite de Beardmore *et al.*,<sup>(2)</sup> se sont intéressés à la sous-structure de Cu<sub>3</sub>Au écrouti par choc dans le domaine de pressions compris entre 290 et 370 kb; ces auteurs ont en particulier

constaté que le passage de l'onde dans l'alliage initialement ordonné créait des mâcles et des frontières antiphases tout en diminuant la valeur du degré d'ordre à grande distance. D'autres études plus brèves ont été effectuées sur Fe<sub>3</sub>Al par Kressel et Brown<sup>(3)</sup> ainsi que sur Cu-Znβ par Rinnovatore et Brown.<sup>(4)</sup>

Pour notre part, nous nous sommes intéressés aux effets d'une onde de choc sur l'alliage Fe-Co-V (49% Fe-49% Co-2% V) qui est du type L2<sub>0</sub> et dont la température critique de la transformation

\* Received July 9, 1971; revised January 14, 1972.

† Laboratoire de Métallurgie Physique, Faculté des Sciences, 40, Avenue du Recteur Pineau, 86-Poitiers, France.

FEB 1 1973

ordre-désordre se situe vers 725°C. Nous nous sommes essentiellement attachés à étudier sur cet alliage les points suivants:

—écrouissage crée par l'onde dans des échantillons initialement ordonnés et des échantillons initialement désordonnés;

—comparaison de cet écrouissage avec celui obtenu par un laminage unidirectionnel réalisé à la température ordinaire;

—évolution de la structure d'écrouissage obtenue par choc ou laminage au cours de revenus ultérieurs.

L'état structural de l'alliage a été caractérisé par des mesures de dureté et étudié par microscopie optique et électronique et par diffraction des rayons X.

## 2. METHODES EXPERIMENTALES

### 2.1 Traitements thermiques

**2.1.1 Recuit.** Après usinage, les éprouvettes subissent un recuit d'une heure à 800°C sous vide secondaire; la montée en température dure 1 hr et demie et le refroidissement environ 15 hr. Ce traitement permet d'obtenir une structure homogène et un degré d'ordre à longue distance maximum et égal à 0,92 d'après Stoloff et Davies.<sup>(5)</sup>

**2.1.2 Trempe.** Les éprouvettes recuites sont portées directement de l'ambiante à la température choisie dans un four vertical; elles y sont maintenues 15 min avant l'opération de trempe qui est réalisée par la chute de l'échantillon dans l'eau. Ce traitement permet, sur l'alliage étudié, de retenir un degré d'ordre variable avec la température de trempe et en particulier une trempe effectuée aux environs de 800°C conduit à un degré d'ordre à longue distance pratiquement nul.

**2.1.3 Revenu.** Les revenus de durée supérieure à 1 hr sont effectués à l'air; ceux de courte

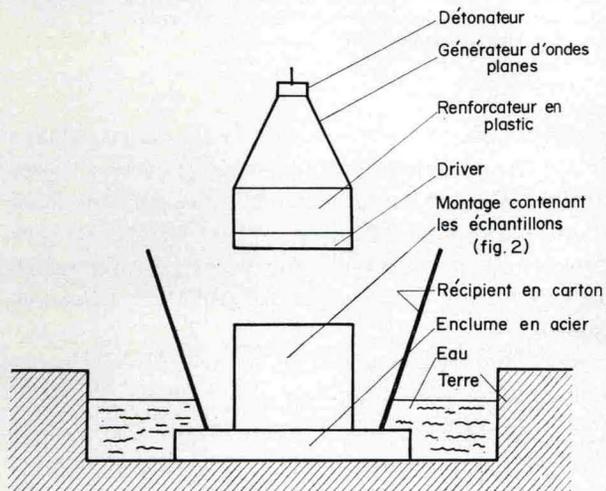


FIG. 1. Dispositif expérimental de choc.

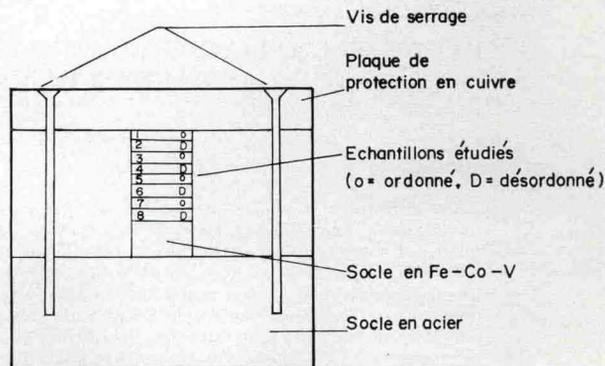


FIG. 2. Assemblage des échantillons.

durée (moins d'une heure) sont réalisés dans un bain d'étain liquide placé dans une étuve. Les températures de ces traitements ont été prises entre 400 et 500°C car elles permettent une restauration relativement rapide de l'ordre dans les échantillons initialement écrouis et désordonnés sans qu'il ne se produise aucune recristallisation.

### 2.2 Choc

Nous avons soumis une série de huit pastilles cylindriques (épaisseur 3 mm, diamètre 15 mm) à un choc plan dont la pression sera évaluée au paragraphe 3. Le procédé expérimental utilisé est inspiré de celui de Holtzman et Cowan<sup>(6)</sup> et schématisé sur la Fig. 1. L'utilisation de ce type de montage présente les avantages suivants:

—le choc est plan, ce qui permet de retrouver les pastilles entières;

—la récupération des éprouvettes dans l'eau permet de réduire au minimum la durée du revenu causé par l'échauffement de l'alliage consécutif au passage de l'onde.

Lorsque l'onde de choc se propage, son profil se déforme et son amplitude diminue. La disposition alternée des pastilles (ordonnée, désordonnée, ordonnée, etc. . . .) que nous avons utilisée (cf. Fig. 2) permet d'obtenir à chaque interface deux surfaces contiguës, l'une ordonnée et l'autre désordonnée, sur lesquelles on pourra faire des comparaisons significatives puisqu'elles ont été soumises sensiblement à la même pression et au même profil de choc.<sup>(7)</sup> Il faut enfin noter que le montage contenant les pastilles a été assemblé avec précision afin d'éviter au maximum les discontinuités et que les échantillons ont été numérotés de 1 à 8 de haut en bas, les numéros pairs correspondant aux échantillons désordonnés et les numéros impairs correspondant aux échantillons ordonnés; les éprouvettes ordonnées ont subi le traitement de recuit décrit au paragraphe 2.1.1 et les éprouvettes désordonnées le traitement de trempe décrit au paragraphe 2.1.2.