

Textures de solidification de l'aluminium et des alliages légers par le procédé de "plongement à l'eau"

par

Hideo NISHIMURA et Tomihiro TOYOHARA

(reçu le 7 Mai, 1950)

Au Japon les lingots d'alliages légers sont ordinairement fabriqués par le procédé Durville modifié. On trouve que la ségrégation inverse de cuivre dans le lingot ainsi fabriqué est souvent marquée. Il nous semble qu'il serait aussi impossible par ce procédé d'obtenir un grand lingot de plus de 100 kg sans la ségrégation.

Par conséquent on a adopté un procédé appelé "le plongement à l'eau", c'est à dire qu'on fait descendre graduellement dans l'eau une cuve d'acier doux emplie de metal en fusion. Pendant la descente, la haute portion de la cuve est chauffée par gaz ou electricité dans un four. L'objet de cette recherche était de connaître l'effet de la vitesse de refroidissement et la température de chauffage sur la texture du lingot produit par ce procédé.

Préparation des échantillons.

La Fig. 1 montre le dispositif à préparer les échantillons. S est un creuset d'acier doux dont les dimensions sont les suivantes :

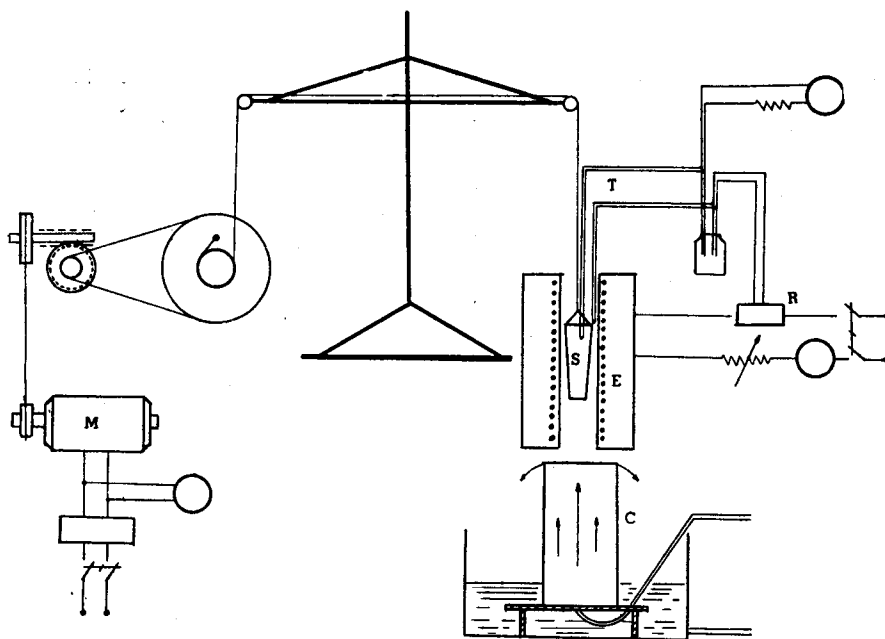
épaisseur 3 mm, hauteur 115 mm,
diamètre interne en haut 30 mm,
diamètre interne au fond 20 mm,

La surface interieure est enduite d'alumina et ce creuset est suspendu dans un four électrique E réglé automatiquement. Le metal est fondu dans ce creuset et chauffé jusqu'à la température voulue. La température est maintenue pendant 10 min., puis le creuset est plongé dans l'eau circulant dans une cuve C. On fait varier la vitesse de plongement à l'aide d'un moteur électrique M.

Cas d'aluminium pur.

L'Aluminium de titre 99.6% fut d'abord employé. Maintenant la température de chauffage à 700°C, on fit varier le temps de plongement du creuset pour

Ces recherches ont été déjà publiées en détail au Japon. Cette publication est un extrait de ces études. Pour tous détails, voir Nippon Kinzoku Gakkai-shi, 6 (1942) 71, 7 (1943) 550, 6 (1942) 412,



S: Echantillon E: Four électrique M: Moteur électrique
R: Régulateur atomatique T: Thermocouple

Fig. 1

faire changer la vitesse de refroidissement.

Les échantillons obtenus ont été coupés en moitié longitudinalement et on a fait développer leurs macro-structures par une solution mêlée d'acide hydrochlorique et fluorique.

Les Fig. 2-5 montrent quelques exemples des macro-structures des échantillons dont la vitesse de refroidissement est différente.

De cette étude il ressort que la macro-structure du lingot dépend considérablement de la vitesse de refroidissement. A une certaine vitesse de refroidissement on voit que les cristaux basaltiques se développent dans la direction longitudinale de l'échantillon. (Fig. 4) Lorsque le refroidissement est lent ou rapide, à savoir le refroidissement en four ou la trempe à l'eau, il se compose de cristaux granulaires. Dans les cas intermédiaires entre ce deux extrêmes, on obtient des lingots se composant d'un mélange de cristaux granulaires et basaltiques.

Température de surchauffage.

La macro-structure dépend aussi de la température de surchauffage et le temps de maintien. On a examiné les échantillons portés à 670°C et 750°C et refroidis avec une vitesse de refroidissement comme les précédents.

Le métal qui a été échauffé au-dessus de 750°C montre toujours une macro-structure basaltique malgré la vitesse de refroidissement. Toutefois dans le cas de 670°C on obtient un lingot se composant des cristaux granulaires comme dans le cas de refroidissement en four, bien que les cristaux soient faiblement élongés. Entre ces températures, la vitesse de refroidissement donne une texture soit granulaire soit basaltique.

Cas de l'alliage d'aluminium à 4% de Cuivre.

Dans le cas de cet alliage, on a aussi obtenu des résultats semblables à ceux de l'aluminium pur. (Fig. 6-7) Toutefois, la structure diffère en ce sens que les cristaux aciculaires croissent radialement d'un point, comme montré dans la Fig. 7. *On peut donner des deux cas la conclusion suivante.*

La formation de la macro-structure dépend aussi beaucoup de la température de surchauffage et de la vitesse de refroidissement. La surfusion ne détermine pas uniquement le nombre des germes produits, car la température de surchauffage a encore une grande influence sur la formation des germes. Surtout la vitesse linéaire du développement du cristal basaltique dépend de la pente de température. L'addition de cuivre donne d'ailleurs des grains plus fins, qu'ils soient granulaire ou basaltiques.

Cas des alliages Aluminium-Cuivre jusqu'à 40% Cu.

Les textures de solidification des alliages d'aluminium contenant du cuivre jusqu'à 40% ont été étudiées par une méthode similaire.

Appareillage expérimental et mode d'opération.

La même appareillage expérimental a été employé que dans le cas précédent. Cependant le mode d'opération est un peu différent; c'est-à-dire qu'on ne fait pas plonger le creuset entièrement dans l'eau, mais jusqu'à une certaine profondeur, parce qu'il est nécessaire d'obtenir des résultats non influencés par la vitesse de refroidissement. On a examiné les macro-structures semblablement comme décrit plus haut.

Matériaux et échantillons.

On a préparé les échantillons avec l'aluminium 99.5% pur et du cuivre électrolytique. La Table 1 donne les analyses de cuivre des alliages obtenus.

On a choisi les températures de surchauffage aux températures 20°, 60°, 140° et 240° au-dessus du point de liquidus des alliages. En examinant les macro-textures des échantillons on peut les classer en 3 catégories, suivant leurs caractères. Les alliages à faible teneur en cuivre sont caractérisés par une tendance aux

Table 1

No.	Cu%
1.	1.18
2	3.98
3	6.05
4	7.92
5	9.50
6	14.40
7	20.10
8	25.20
9	30.00
10	34.40
11	36.10
12	38.60
13	41.20

textures basaltiques, et l'alliage eutectique montre aussi la même tendance, c'est-à-dire qu'il aurait la vitesse linéaire de cristallisation similaire que le métal pur. La vitesse de cristallisation dépend de la quantité eutectique des alliages, selon leur composition. Par conséquent, ils montrent des textures granulaires ou basaltiques. Cependant les alliages hyper-eutectiques ont tendance à se cristalliser basaltiquement par l'influence de CuAl_2 . La Fig. 8 représente la relation entre les températures et la vitesse linéaire de refroidissement en comparaison avec le diagramme d'équilibre.

Micro-structures.

Les Fig. 9-14 représentent des exemples de micro-structures obtenus sur une portion des échantillons. Les Fig. 9 & 10 sont les photographies des alliages dans lesquels on voit des cristaux granulaires et des cristaux basaltiques respectivement. La Fig. 11 représente un eutectique se développant basaltiquement. Donnons ici un bon exemple intéressant. Dans l'alliage à 30% Cu, on a trouvé un phénomène de la ségrégation à gravité. La section longitudinale de cet échantillon se compose de textures basaltiques et granulaires, les deux portions différentes

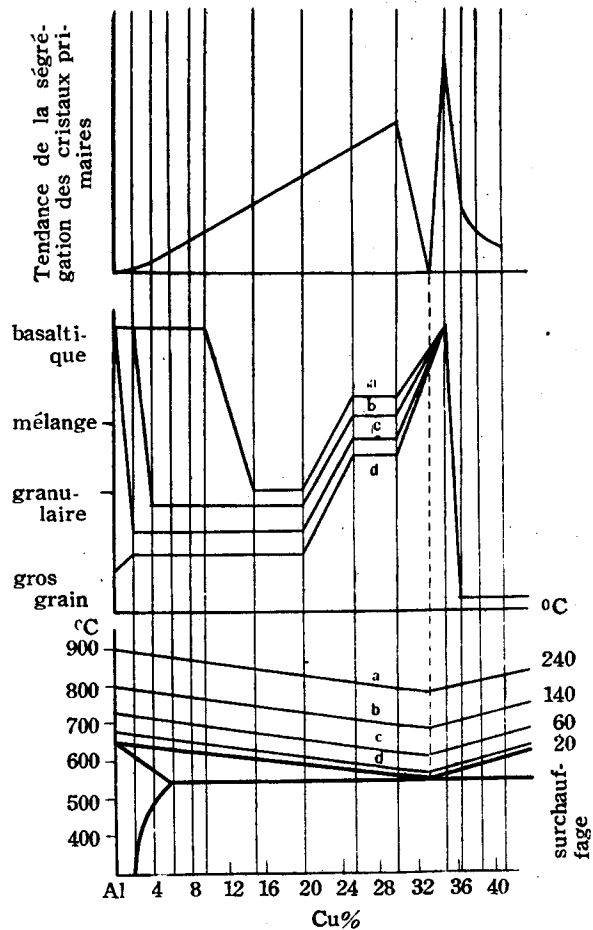


Fig. 8

se produisent en couches superposées par la ségrégation à gravité. On voit le phénomène nettement dans les Fig. 13-14.

On peut ainsi conclure que les macro-textures des alliages d'aluminium jusqu'à 40% Cu qui sont fabriqués par le procédé de "plongement dans l'eau" varient suivant les compositions. Ils sont classifiés en 3 catégories, à savoir la solution primaire solide, l'eutectique, et leur mélange qui montrent chacun une cristallisation caractéristique.

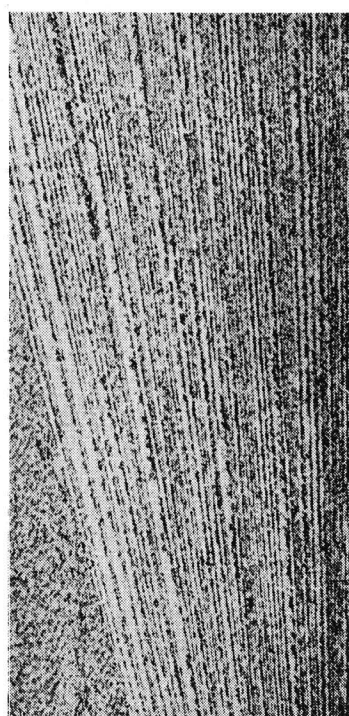
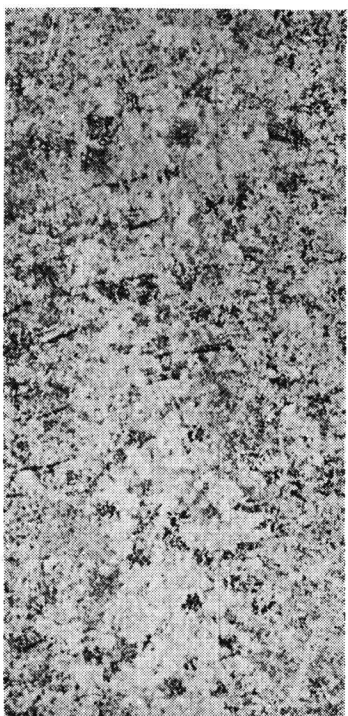
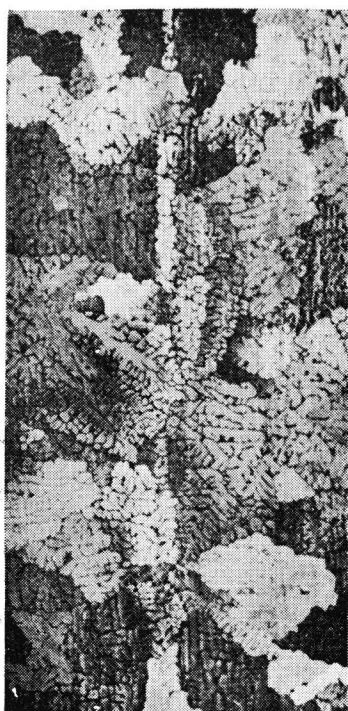


Fig. 5	Fig. 6		Fig. 7			
	2	3	4	5	6	7
Témpérature de chauffage °C	750	700	750	700	900	840
Temps de plongement min.	7.2	19.8	6	Trempe à l'eau	4.4	9.4
Grossissement	4	4	4	4	4	4



Fig. 9 No. 2 3.93% Cu
Grossissement 100

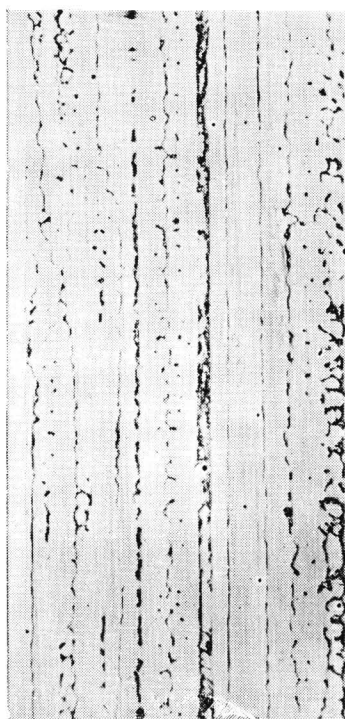


Fig. 10 No. 2 3.93% Cu
Grossissement 100

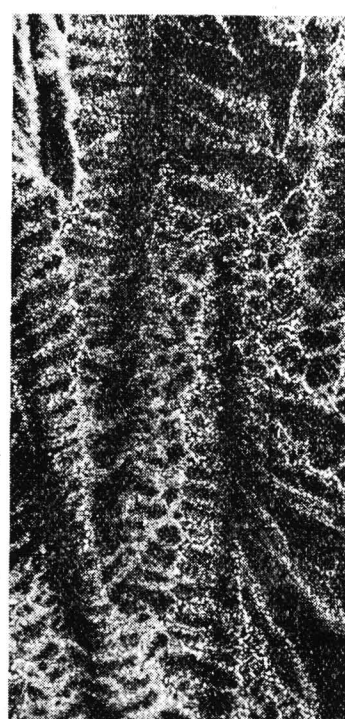


Fig. 11 No. 10 34.40% Cu
Grossissement 100

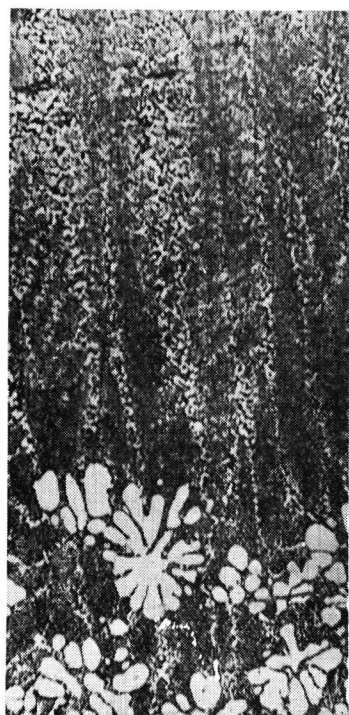


Fig. 12 No. 8 25.2% Cu
Grossissement 100



Fig. 13 No. 9 30% Cu
Grossissement 100



Fig. 14 No. 9 30% Cu
Grossissement 100