

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES
SUR
L'ALUMINIUM
ET SES ALLIAGES



Bandes et Disques
Lingots, Planches, Barres,
23^{bis}, Rue Daloz, 2^e ^{arr}, PARIS (8^e)
Société Anonyme

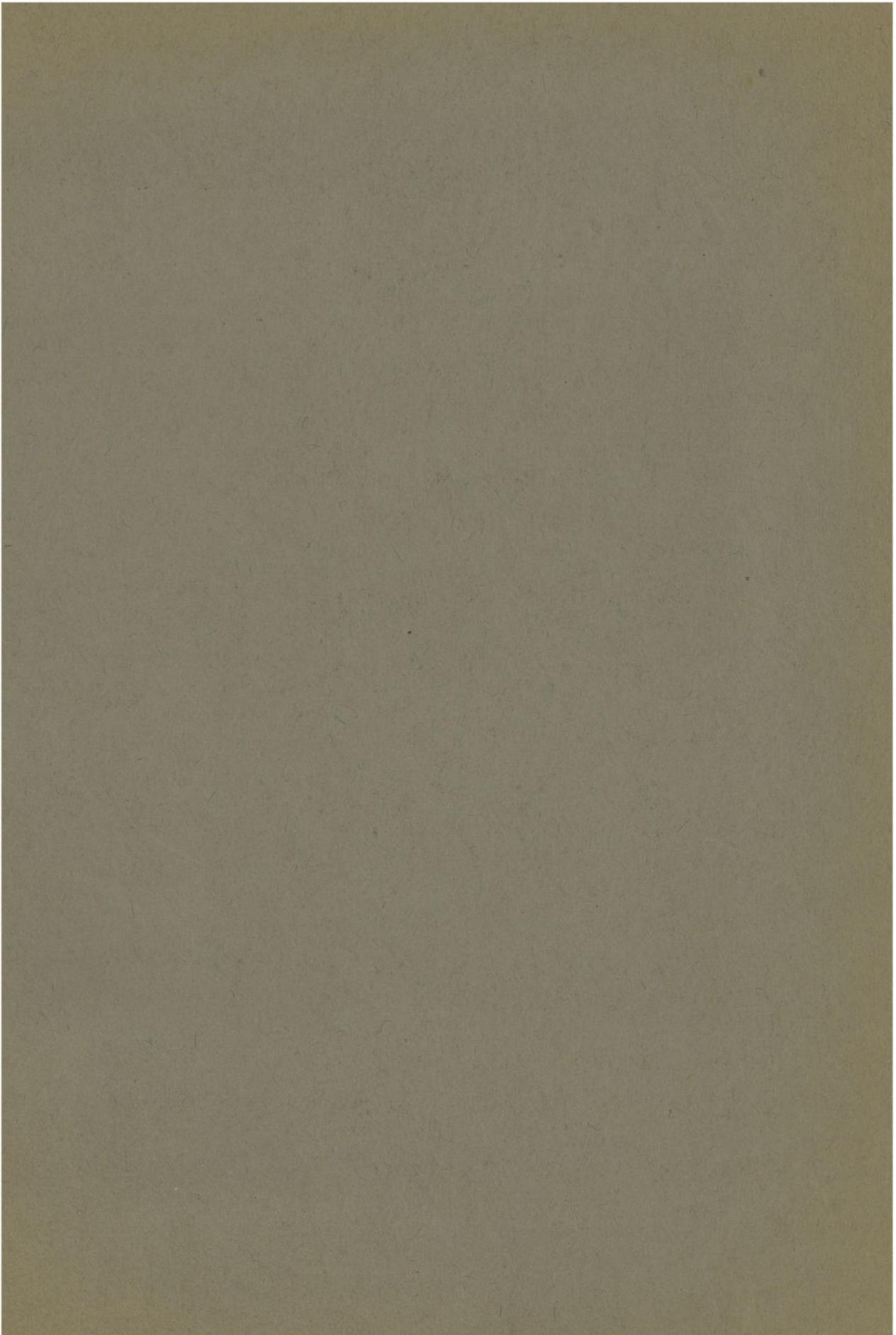
ALUMINIUM-FRANCE

M. BARATHON & C^{ie}

Ingénieurs-Représentants
5, Place Jacquard
LILLE — Tél. 77-16



SÉANCES DE TRAVAUX PRATIQUES



4045991-198764

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES SUR L'ALUMINIUM ET SES ALLIAGES

I - NOTIONS PRELIMINAIRES

FABRICATION DE L'ALUMINIUM

HISTORIQUE -

L'Aluminium a été préparé pour la première fois en 1827 par WOEHLER en traitant le chlorure d'aluminium par le potassium.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE a eu l'idée de soumettre l'aluminium ainsi préparé à l'action d'un courant de chlorure d'aluminium à la température du rouge, il obtient ainsi un lingot homogène de métal. Ceci se passait en 1854.

Enfin en 1888, la fabrication fut définitivement mise au point grâce à HEROULT en FRANCE et HALL aux ETATS-UNIS qui tous deux imaginèrent un type de four universellement utilisé depuis pour la fabrication de l'aluminium.

FABRICATION -

Le procédé actuel de fabrication se fait en deux étapes nettement distinctes :

- Fabrication de l'alumine à partir de la bauxite,
- Fabrication de l'aluminium à partir de l'alumine.

Fabrication de l'alumine à partir de la bauxite -

La bauxite qui est le minerai dont on extrait l'aluminium se présente sous différents aspects :

- la bauxite blanche qui est utilisée pour la fabrication des pierres précieuses synthétiques,
- la bauxite grise qui est utilisée pour la fabrication d'abrasifs,
- la bauxite grise siliceuse qui est utilisée pour la fabrication de revêtements métallurgiques,
- la bauxite rouge qui est utilisée pour la fabrication de l'aluminium à cause de sa faible teneur en silicium.

Le procédé actuel de fabrication ne permet pas d'utiliser économiquement des bauxites renfermant plus de 5 % de silicium.

Les différentes opérations sont les suivantes:

- Concassage de la bauxite,
- Traitement par la soude caustique en autoclave à 160°,
- Refoulement dans des décanteurs où se sépare le liquide clair, (aluminate de soude) des impuretés.
- Décomposition de l'aluminate par agitation mécanique et formation d'hydrate d'alumine. En effet l'aluminate de soude se sépare sous l'influence d'une simple agitation mécanique,
- Filtrage de l'hydrate d'alumine,
- Calcination de l'hydrate d'alumine à 1.200°

Il faut en moyenne 2 tonnes de bauxite pour obtenir une tonne d'alumine.

Fabrication de l'aluminium à partir de l'alumine:-

Cette fabrication se fait par la réduction par le courant d'un mélange fondu d'alumine anhydre (Al_2O_3) et de cryolithe (AlF_3 , 3 NaF). La chaleur de fusion est fournie par le courant lui-même. La température à laquelle se fait cette réduction est de 920 à 1000°. Les fours ou cuves qui sont utilisés comportent un bâti métallique à l'intérieur duquel se trouve un revêtement de charbon qui forme la cathode. L'anode est formée par des électrodes plongeant dans le bain. Les cuves sont placées en série. La marche est continue.

L'intensité du courant est de 10.000 à 30.000 ampères sous une tension assez faible et qui est d'ailleurs variable suivant les phases de l'opération.

La consommation de courant est assez importante. Elle est d'environ 25 kWh par Kg. d'aluminium.

D'autre part, il faut 2 tonnes d'alumine pour obtenir une tonne d'aluminium.

En général, le métal des différentes cuves est envoyé dans un four mélangeur et de là coulé dans des lingotières de forme appropriée.

La fabrication des électrodes est une fabrication à part qui est généralement située à côté des usines de fabrication d'aluminium.

FORMES COMMERCIALES

L'aluminium ainsi obtenu contient deux impuretés Fe et Si dont le maximum est de 2%. C'est l'importance de ces impuretés qui détermine le titre commercial,

- aluminium 98/99 - 99, /99,5
- puis ensuite l'aluminium d'un titre plus élevé:
- aluminium 99,5 - 99,7 - 99,8
- et depuis quelque temps:
- l'aluminium raffiné 99,99

La livraison au commerce se fait en :

- lingot cannelé de 10 divisions, dont le poids est de 900 gr. env.
- lingot de 3 à 4 kg,
- lingot plus gros de 15 kg.
- plaques de laminage de dimensions et de poids variés servant d'ébauches pour la fabrication des laminés
- billettes rondes ou carrées pour la fabrication des fils, des barres, des profilés.

PROPRIETES DE L'ALUMINIUM

PROPRIETES PHYSIQUES -

La densité de l'aluminium est de 2,7, c'est à dire qu'il est trois fois plus léger que le Cu ou le Fe.

Le point de fusion de l'aluminium est assez bas: 650°. Son point d'ébullition est assez haut: 1.800°- Cet écart facilite la fusion et la coulée particulièrement en coquille.

Son pouvoir émissif est faible, ce qui permettra de l'utiliser comme isolant thermique.

Il est bon conducteur de la chaleur, bon conducteur de l'électricité. On en fera donc des câbles de transport d'énergie électrique.

Il n'est pas magnétique. On en fera donc des pièces de compteurs ou des enveloppes de circuit magnétique pour éviter les déperditions.

Il est très ductile, peu résistant.

PROPRIETES MECANIQUES -

Coulé ou laminé l'aluminium n'offre pas des caractéristiques mécaniques élevées. Toutefois, il possède un grand allongement à l'état recuit, ainsi l'aluminium pur (99,99%) a une ductilité voisine de celle de l'étain. Cette ductilité permet un travail facile:tréfilage,emboutissage. Elle est encore accrue à chaud,ce qui facilite le laminage,le forgeage et le filage.

Les caractéristiques mécaniques de l'aluminium pour un titre variant de 98 à 99,5 sont les suivantes:

	<u>COULE</u>		<u>LAMINE</u>	
			Recuit	Ecroui
R	7 à	kg/mm ²	7 à 10	16 à 20kg/mm ²
E	3 à 4	"	3 à 4	14 à 18 "
A	25 à 15%		40 à 30%	4 à 3%
Dureté Brinell	15 à 25		15 à 25	30 à 40
Module d'élasticité..	6750		6750	6750

La première série de chiffres s'entend pour l'aluminium 99,5. La deuxième pour l'aluminium 98/99.

Ces caractéristiques sont influencées par:

- 1°/ - le titre - Plus le métal est pur, moins ses caractéristiques de résistance à la rupture, limite d'élasticité sont élevées, et plus l'allongement est grand.
- 2°/ - le corrage (un métal laminé a des caractéristiques supérieures à un métal fondu).
- 3°/ - l'écrouissage, métal écroui: caractéristiques supérieures à celles du métal recuit.

Elles varient également avec l'épaisseur: une tôle mince a des caractéristiques généralement supérieures à une tôle épaisse.

Les caractéristiques varient avec le titre, on a eu l'idée d'introduire des métaux étrangers dans l'aluminium, précisément pour en augmenter ses caractéristiques mécaniques. On a ainsi créé des alliages ayant les memes propriétés de légèreté et de malléabilité mais plus résistants.

On augmente encore cette résistance par un traitement thermique judicieux pour certains de ces alliages, traitement de trempe, ou de trempe suivie de revenu.

PROPRIETES CHIMIQUES -

L'aluminium a une grande affinité pour l'oxygène, cependant il est pratiquement inattaquable à l'air dans les conditions normales. Cela peut sembler un peu paradoxal, mais c'est grâce à la pellicule d'alumine qui est mince; transparente, adhérente et imperméable que le métal sous-jacent est protégé. Cette pellicule d'alumine se forme aussitôt que le métal nu est en contact avec l'air et la protection est presque instantanée.

Les sels d'aluminium ne sont ni colorés, ni toxiques à l'inverse de ceux du fer, du cuivre, du plomb.

L'aluminium est attaqué par les solutions salines et surtout par l'eau de mer. La résistance à la corrosion du métal croît avec sa pureté, aussi dans l'industrie chimique par exemple, utilise-t-on de l'aluminium 99,5, 99,8 et même de l'aluminium raffiné (99,99).

ALLIAGES D'ALUMINIUM

Au contact du fer, du cuivre ou de ses alliages, il se forme un couple galvanique qui amène la corrosion suivant que le milieu est plus ou moins conducteur: humidité par exemple. L'ensemble constitue en fait une véritable pile. Il faut donc éviter les assemblages hétérogènes: aluminium et cuivre, aluminium et laiton, surtout s'ils doivent être exposés à l'humidité.

Le courant qui prend naissance est de sens tel que par exemple dans le cas d'assemblages aluminium-cuivre ou aluminium-laiton, c'est l'aluminium qui est attaqué. Au contraire, dans l'assemblage aluminium-fer, c'est le fer qui tend à se corroder.

Les acides minéraux attaquent en général l'aluminium surtout l'acide chlorhydrique. L'acide fluorhydrique, l'acide phosphorique l'attaquent également. Ces acides servent d'ailleurs, l'un à la gravure, l'autre au décapage. Ce n'est pas un procédé très industriel de décapage.

L'acide sulfurique n'attaque pas l'aluminium pour les faibles concentrations ni pour les concentrations très élevées tel que l'oléum.

L'acide nitrique a une place à part. Il attaque très peu l'aluminium, aussi dans l'industrie des nitrates emploiera-t-on des appareils, des cuves, des conduites, des serpentins en aluminium 99,5 minimum.

L'eau oxygénée pure et concentrée n'attaque pas l'aluminium, d'où emploi de ce métal dans l'industrie du blanchiment

Les acides organiques, sauf l'acide formique attaquent peu l'aluminium.

Les alcalis et les carbonates alcalins attaquent l'aluminium. On utilise cette propriété pour le décapage à la soude. Toutefois dans certains cas si l'on veut éviter que l'attaque se continue, on peut neutraliser l'effet des carbonates alcalins par une solution de silicate alcalin à faible teneur.

Toutes ces indications concernant les réactions de différents corps sur l'aluminium ne sont valables que pour les conditions ordinaires de température et de pression: si la température croît, la rapidité de l'attaque croît généralement.

ALLIAGES D'ALUMINIUM

Pour la commodité, on les divise en deux grandes classes:

- alliages de fonderie
- alliages de laminage et de forge.

ALLIAGES DE FONDERIE -

Ceux-ci peuvent à leur tour se diviser en trois catégories:

- 1° - Alliages sans traitement thermique,
- 2° - alliages comportant un traitement thermique
- 3° - alliages spéciaux pour pistons.

1° - Alliages sans traitement thermique - Les principaux sont:

Alliage à 8% de cuivre - Cet alliage est utilisé pour la coulée des pièces courantes sans caractéristiques mécaniques élevées comme les blocs moteurs, les carters, les socles, les boîtes de vitesse, les supports. Pour certaines pièces, afin d'éviter les criques, on y incorpore 2% de silicium (coulée de certaines culasses).

Alliage à 12% de cuivre - Il a un peu moins d'allongement que le précédent. Il est donc un peu fragile. Il est utilisé pour la coulée de pièces en coquille et de pièces ne travaillant pas, n'ayant aucun rôle mécanique, tels que des couvercles de boîtes de vitesse.

Alliage à 5% de silicium et 4% de cuivre - Il est utilisé surtout pour la coulée des pièces sous pression, petites pièces, pièces de moyenne importance comme des carters de machines-outils portatives, telles que perceuses.

Alliage à 13% de silicium, (appelé ALPAX) - Cet alliage est intéressant. Il donne des caractéristiques mécaniques de 18 à 19 kg/mm², avec un allongement de 4%. Il a une bonne fluidité. Il permet d'obtenir des pièces assez compliquées sans risque de crique.

Alliage à 7% de Mg. et 0,3 de Mn. environ (appelé G.7) - C'est un alliage qui a une assez bonne dureté superficielle. Il est susceptible d'acquérir un beau poli. Il résiste bien à la corrosion et il est surtout utilisé pour des pièces de décoration.

Alliage à 4% de silicium, 1% de Mg et 1% de Mn (appelé 4I SM). Il a une bonne résistance à la corrosion. Il est utilisé dans les pièces de décoration (pièces fondues, supports) qui doivent être polies. Il peut subir aussi un traitement thermique.

2° - Alliages comportant un traitement thermique

Alliage à 4,5% de cuivre et 0,3% de titane (appelé A.P.33). Cet alliage permet d'obtenir une résistance de 29 à 32 kg/mm² avec un allongement de 4%, c'est un alliage fondu à haute résistance.

Alliage à 13% de silicium, 0,25% de Mg et 0,50% de Mn et qui s'appelle Alpax Gamma. Ses caractéristiques sont légèrement inférieures à celles de l'A.P. 33. Il possède la même fluidité que l'Alpax ordinaire. Il permet d'obtenir comme l'Alpax des pièces compliquées et minces dans de bonnes conditions avec une résistance supérieure.

Alliage à 4% de cuivre, 1,5% de Mg, 2% de Ni (appelé Alliage Y). Il est employé pour la coulée des pièces demandant une bonne résistance à chaud, telles que des culasses de moteur à refroidissement à air, pistons de moteur Diesel.

3°- Alliages spéciaux pour pistons

Ces alliages sont très nombreux. Ils sont de composition variable suivant les fonderies et suivant les marques de pistons. Les uns contiennent surtout du cuivre et les autres du silicium.

Les alliages au cuivre comportent généralement un traitement thermique (au moins un revenu) Parmi ceux au silicium, on trouve les alliages dits hypersiliciés, dont la teneur en silicium varie de 13 à 25%. Ils ont une dureté relativement élevée et un

coefficient de dilatation linéaire faible; c'est ce que l'on recherche pour les pistons; ils ne peuvent se couler qu'en coquille.

Un bon alliage pour pistons est celui de composition suivante qui s'appelle le " CENTRAL A " .

12% Si
2,5 Cu
2,5 Ni
1,25 Mn
1,25 Mg
0,20 Ti
le reste Aluminium

FONDERIE DES ALLIAGES LEGERS -

L'aluminium pur est peu employé à cause de ses caractéristiques mécaniques insuffisantes à l'état fondu . Son fort retrait (17mm) est une cause de criques et de retassures dès que les pièces sont compliquées ou de grandes dimensions.

Parmi les alliages ci-dessus énumérés, quel est celui que l'on devra employer pour couler une pièce?

Le choix de l'alliage dépend d'abord:

- de la pièce à obtenir (dimensions)
- de ses formes, de son utilisation,
- des efforts auxquels elle sera soumise,
- du nombre de pièces à réaliser,
- du prix de revient que l'on peut admettre pour une pièce déterminée.

Avant d'arrêter un dessin définitif de pièce, le Bureau d'Etudes aura intérêt à prendre avis du fondeur, en effet, de légères modifications permettent souvent une coulée plus facile, une diminution des rebuts, une pièce plus saine, ce qui se traduit généralement par un abaissement du prix de revient.

Si la pièce est destinée à la décoration, comme alliage on choisira le 4I S.M. ou le G.7. Au contraire, pour les pièces de fatigue, on prendra, soit de l'Alpax, de l'A.P. 33 ou de l'Alpax Gamma.

Il ne faut pas demander à une pièce fondue plus qu'elle ne peut supporter. On évitera de réaliser en coulé des pièces soumises à des efforts de flexion importants ou des efforts alternés. Au contraire, s'il s'agit de pièces devant

supporter des efforts de compression, là on pourra avantageusement employer le métal à l'état fondu.

Si la pièce est haute par rapport à sa section de base, on la nervurera pour éviter des flambements locaux.

Pour une série de 500 pièces, on peut envisager une coulée en coquille, à moins que la forme de la pièce nécessite un outillage compliqué qu'on ne pourrait pas amortir sur une petite quantité.

Pour 5.000 pièces, on peut songer à la coulée sous pression. Evidemment, si l'on n'a que quelques pièces, on les coulera au sable.

Ces deux procédés permettent d'obtenir des pièces propres pour lesquelles l'usinage est réduit au minimum ce qui laissera parfois une économie appréciable.

Presque tous les alliages précédemment cités peuvent se couler sous pression, certains plus difficilement que d'autres suivant leur composition.

Il ne faut pas oublier que le succès en fonderie dépend beaucoup de la pureté des métaux employés. Il faut se méfier des alliages préparés en partant de déchets et dont la composition est variable suivant les approvisionnements du fondeur. Entre autre des alliages contenant du zinc n'ont qu'une résistance moyenne et même parfois mauvaise à la corrosion. Il faut les éviter surtout dans des pièces qui doivent être polies comme des pièces de décoration.

Précautions à prendre lors de la coulée -

Le type de four à utiliser est déterminé par l'importance de la production, soit fours à réverbère, soit fours à creuset. Le chauffage peut se faire soit au coke sec, soit à l'huile, soit à l'électricité. Les creusets sont en fonte ou de préférence en graphite. Ces derniers sont mieux, mais coûtent plus chers.

On a intérêt à amener le métal le plus rapidement possible à sa température de coulée et à ne pas le surchauffer. Autant que possible, il ne faut pas dépasser 800° pour la fusion du métal, afin d'éviter l'absorption des gaz au moment de la coulée.

Pour l'établissement du moule on tiendra compte du retrait qui varie de 11 à 15 mm par mètre, et il faudra prévoir des masselottes importantes.

L'évacuation de l'air doit être soigneusement assurée, particulièrement dans les points hauts du moule. De ce fait, on n'emploiera pas de sable trop tassé ou trop humide.

On aura toujours intérêt à faire arriver le métal latéralement et par le bas du moule en pratiquant la coulée en "source", au lieu de le faire arriver directement. Cette précaution n'est pas propre aux alliages d'aluminium, mais elle a ici davantage d'importance par suite de la densité de ces alliages qui est faible.

Avant la coulée, on dégrasse à la spatule en ayant soin de troubler le moins possible la surface du métal en fusion. Le remplissage du moule se fait à la plus basse température possible toutefois compatible avec la bonne venue de la pièce et suivant l'alliage employé. Le contrôle de la température doit être rigoureux et se faire au pyromètre.

Après démoulage, les masselottes sont coupées à la scie et la pièce est ébarbée, nettoyée au jet de sable, puis, s'il y a lieu, elle subit les traitements thermiques: trempe, revenu. L'opération se fait généralement au four électrique à des températures soigneusement contrôlées à l'aide du pyromètre. Les alliages qui sont à traitement thermique se trempent autour de 510° et leur revenu se fait vers 160/180°.

Les alliages légers permettent d'obtenir aussi bien des pièces de quelques grammes que des pièces importantes de 300 à 400 kg.

L'automobile fait une grande consommation de pièces fondues, depuis le petit accessoire: poignées de porte, poignées de manoeuvre des volets de capots, jusqu'aux culasses, boîtes de vitesse et blocs moteurs. Pour ces derniers on emploie des alliages à 8% de cuivre ou bien encore l'Alpax.

ALLIAGES DE LAMINAGE ET DE FORCE -

On les divise en trois catégories:

- 1° - alliages sans traitement thermique,
- 2° - alliages comportant un traitement thermique,
- 3° - alliages spéciaux pour conducteurs électriques.

1°- Alliages sans traitement thermique -

Alliages à 3 ou 6% de cuivre - Il n'est guère employé et tend à disparaître.

Alliage à 1,25/1,50 de Manganèse - Cet alliage a des caractéristiques mécaniques légèrement supérieures à celles

de l'aluminium. Il est utilisé pour faire des tôles de revêtement, des corps de citernes et des profilés de carrosserie.

Les tôles peuvent être livrées en deux qualités, soit recuit, soit écroui, suivant le travail que l'on a à effectuer.

Alliage à 1,25 de Mn, 1% de Mg (appelé "Studal"
dans la décoration.- Cet alliage a des caractéristiques encore supérieures à celles de l'aluminium-manganèse. Il a une bonne résistance à la corrosion et est susceptible d'acquérir un beau poli. Aussi est-il employé pour la décoration: profilés pour vitrines, devantures de magasins, pour réflecteurs, mains courantes.

Les tôles peuvent également être livrées, soit à l'état recuit, soit à l'état écroui.

Alliage 5 à 7% de Magnésium et 0,3 à 0,5 de Mn
(appelé "DURALINOX H")- C'est l'alliage de laminage qui correspond à l'alliage de fonderie G.7. Il a des caractéristiques mécaniques élevées. Il a une bonne résistance à la corrosion. De plus, il peut être travaillé à chaud sans perdre ses caractéristiques en refroidissant. Les tôles peuvent être livrées aussi à l'état recuit ou à l'état écroui.

Cet alliage sera utilisé pour les pièces de fatigue de grandes dimensions, qui seront appelées à être chaudronnées, embouties soit en totalité, soit en partie et qu'il serait très difficile de faire en Duralumin à cause du traitement thermique qu'on devrait leur faire subir.

2°- Alliages de laminage ayant un traitement thermique -

Alliage à 1,25% de Si, 1% de Mg (appelé "ALMASILIUM")
C'est un alliage d'emboutissage donnant des caractéristiques variables suivant la température à laquelle il est trempé. Son traitement consiste en une trempe à l'eau froide après chauffage à 480, 500, 525°. Suivant les températures de chauffage on obtient les qualités: R = 18, 22 ou 27 suivant leur chiffre de résistance à la rupture.

Il peut se livrer également en recuit.

On l'emploie pour des pièces de résistance moyenne, surtout pièces embouties ou repoussées. Cet alliage a une bonne résistance à la corrosion. Il est susceptible d'un beau poli. Il est utilisé aussi pour la décoration, concurremment avec le Studal. Il est employé également pour faire des sièges en alliage léger et peut remplacer le tube d'acier chromé.

Alliage à 3,75% de cuivre, 0,80% de Mg, 0,85 de Ni
(appelé "Alliage 576")

Alliage à 4% de Cu, 1,5% de Mg, 2% de Ni. (Métal Y)
Ces deux alliages sont utilisés surtout pour la fabrication de pièces de forge comme des pistons, des pièces de moteurs

d'aviation. Leur traitement consiste en une trempe à 530° pour le premier et 510° pour le second.

Ils peuvent également subir un revenu.

Ces alliages donnent au frottement direct sur acier dur ou sur acier nitrure, de bons résultats. On les emploiera pour faire des bielles avec frottement direct sur villebrequin.

Leurs caractéristiques après traitement thermique (37 kg/mm²) sont légèrement inférieures à celles du DURALUMIN que nous allons voir.

Alliage à 4% de cuivre, 0,5% de Mn, 0,5% de Mg.

(DURALUMIN) - Ses caractéristiques sont voisines de celles de l'acier courant employé en construction, sa résistance est de 40 kg/mm², sa limite élastique est de 24 kg./mm² et son allongement de 16%.

Ses caractéristiques sont obtenues grâce à un traitement thermique qui consiste en une trempe à l'eau après chauffe à 500°.

Une particularité de cet alliage est qu'aussitôt après la trempe, il est mou. Cette malléabilité qui ne dure que quelques heures est mise à profit pour lui faire subir des déformations.

Il peut se livrer à l'état recuit et les tôles et bandes à l'état dur, c'est à dire écroui. En général, il est livré à l'état normal c'est à dire trempe et mûri, ce qui signifie qu'il y a suffisamment de temps qu'il est trempé pour avoir acquis sa dureté définitive.

Le Duralumin peut être livré aussi recouvert d'aluminium sur les deux faces, c'est ce qu'on appelle le Vedal. Le Vedal n'est pas à proprement parler un alliage différent. Il présente les mêmes caractéristiques mécaniques que le Duralumin et se travaille dans les mêmes conditions. Le but du revêtement est de protéger le Duralumin contre les corrosions et particulièrement celles de l'air salin.

Tous ces alliages sont livrés sous forme de tôles, de bandes, de barres, de profilés, de tubes et pour quelques uns, pièces forgées et matricées. Le Vedal lui ne se fabrique qu'en tôles, bandes et profilés obtenus par ployage de bandes.

3°- Alliages spéciaux pour conducteurs électriques -

Ces alliages ont des compositions assez voisines et renferment de faibles quantités de magnésium et de silicium.

Ils sont connus sous le nom d'Almélec en France et d'Aldrey en Suisse et en Allemagne.

Leurs caractéristiques sont les suivantes:

$$R = 33 \text{ à } 36 \text{ kg/mm}^2$$
$$A = 6\%$$

ces caractéristiques sont obtenues par traitement thermique et mécanique combinés.

La Conductibilité est d'environ 55% de celle du cuivre pur.

CHOIX DE L'ALLIAGE A UTILISER

Comme pour les alliages de fonderie, le choix de l'alliage dépend:

- de la forme de la pièce,
- de son utilisation,
- des efforts auxquels elle sera soumise,
- enfin, du prix de revient.

Lorsque l'on établira un dessin d'une pièce à réaliser en alliage léger et particulièrement en Duralumin, il sera bon de se rappeler que cet alliage ne permet pas des rayons de pliage aussi réduits que le laiton ou l'acier dans les conditions normales de fabrication. On peut toujours arriver avec le Duralumin à obtenir des rayons très courts ou même des angles vifs, mais il faudra faire davantage d'opérations qu'avec l'acier ou le laiton, ou bien encore il faudra travailler à chaud, complication dans certains cas, d'où augmentation du prix de revient. Chaque fois qu'on le pourra, on prévoiera de larges arrondis, aussi bien dans les cambrages que sur les pièces embouties ou forgées.

Le nombre de pièces à réaliser définira le mode de fabrication: ce sera l'emboutissage, le repoussage, le formage à la main avec un outillage rudimentaire comme on procède lorsqu'il s'agit de pièces en acier.

Pour les industries chimiques ou alimentaires, l'aluminium 99,5 sera employé. S'il le faut, on utilisera même un titre supérieur, voir même de l'aluminium raffiné. L'épaisseur des tôles sera déterminée en tenant compte des faibles caractéristiques du métal; si cela est nécessaire on renforcera la construction par une armature extérieure, soit en Almasilium, soit en Duralumin.

S'il s'agit de pièces pour la décoration où l'on n'a pas besoin d'une résistance mécanique élevée, on utilisera le Studal ou l'Almasilium, qui polis, permettent d'obtenir de jolis effets.

Dans la construction soumise à des efforts importants, on utilisera le Duralinox H ou le Duralumin.

Enfin, s'il s'agit de pièces devant résister à l'air marin, éléments de construction navale, ballonnets, flotteurs, coques d'hydravions, on utilisera le Vedal, pour tout ce qui pourrait être pris dans la tôle ou la bande; pour les profilés, on utilisera le Duralinox H.

OBTENTION DES PRODUITS SEMI-OUVRES

Les produits tels que tôles et bandes s'obtiennent par laminage,

Les profilés et barres s'obtiennent par filage,

Les tubes par étirage d'ébauches filées,

Les fils par tréfilage.

LAMINAGE DE L'ALUMINIUM, L'ALUMINIUM-MANGANESE, le STUDAL

Pour le laminage de l'Aluminium, de l'Aluminium-Manganèse et du Studal, le matériel employé est le laminoir.

La fabrication de ces tôles se fait en partant de plateaux fondus qui sont dégrossis à chaud à 400 ou 450° en quelques passes. Puis ils sont finis à froid en un plus grand nombre de passes avec recuits intermédiaires si cela est nécessaire pour des tôles d'épaisseur mince. Enfin, planage des tôles.

Les qualités livrées sont: "recuit", "1/4, 1/2 dur" et dur dans les différents titres pour l'aluminium.

Les dimensions maxima des produits livrés dans le commerce sont fonction du matériel dont on dispose. Actuellement, à titre indicatif, on peut obtenir des tôles de largeur maximum de 3 mètres et d'épaisseur allant de 3/10 à 20mm et plus et d'un poids environ de:

340 kg.	pour une tôle d'aluminium
170 "	" " d'aluminium-manganèse
28 "	" " de Studal.

LAMINAGE DES ALLIAGES LEGERS A TRAITEMENT THERMIQUE -

Le laminage des alliages légers à traitement thermique se fait également sur des laminoirs mais le matériel utilisé est beaucoup plus puissant que pour les alliages précédents. Dans la fabrication on est obligé d'avoir des températures plus précises, des recuits plus nombreux. Ensuite, il y a les opérations supplémentaires de trempe et de planage. Les déchets sont plus importants et il est nécessaire d'avoir un personnel plus expérimenté.

Les qualités livrées sont : "recuit", "normal" (c'est-à-dire trempé et mûri) et "dur" c'est-à-dire écroui.

Les dimensions maxima des produits sont pour les tôles: largeur 1 m 600 à 1 m 800, les épaisseurs peuvent varier de 32/100 à 20 m/m et plus.

Les poids des tôles finies sont pour les fortes épaisseurs : 220 kg. pour les épaisseurs moyennes : 150 kg et pour les faibles épaisseurs 30 kg. environ. Ces dimensions sont valables pour des tôles de Duralumin, de Vedal ou de Duralinox H.

Pour les tôles d'Almasilium, le poids maximum est de 30 kg. environ et la largeur de 1 m 300 maximum.

FILAGE ET ETIRAGE DES ALLIAGES LEGERS -

Le travail de filage se fait à chaud sur des presses à filer; on obtient ainsi des barres, des profilés et des ébauches de tubes.

Ces ébauches sont ensuite étirées à froid sur des "Bancs à étirer" pour obtenir les diamètres définitifs.

Sur les bancs d'étirage on fait encore de la mise en forme; tubes carrés, rectangulaires, ovales, 6 pans, 8 pans et des profilés par ployage de bandes.

Pour les alliages légers à traitement thermique, la puissance des presses utilisées est nettement supérieure à celle que l'on emploie pour la fabrication des profilés d'aluminium ou d'aluminium-manganèse. Il y a des opérations supplémentaires de trempe et de dressage.

Les profilés en acier sont généralement obtenus par laminage. L'avantage du filage sur le laminage est qu'il permet l'emploi d'outillages moins coûteux. Une filière de presse est bien moins coûteuse qu'un train de cylindre cannelés pour obtenir un profilé, de plus il est possible de réaliser des

profilés de formes complexes qui seraient très difficiles et parfois impossibles à obtenir par laminage.

Les dimensions maxima que l'on peut obtenir par filage sont comprises dans une section de 200 mm de diamètre.

Pour les tubes, on arrive à faire au maximum des tubes en aluminium de 200 mm et en alliage à traitement thermique, des tubes de 160 à 170 mm de diamètre environ.

TREFILAGE DES ALLIAGES LEGERS -

Le tréfilage des alliages légers se fait en partant d'une billette. On file une barre, puis cette barre est laminée entre les cylindres à cannelures. On obtient ainsi un gros fil qui est ensuite tréfilé dans des filières en acier, en carbure de tungstène ou bien encore en diamant pour obtenir des fils calibrés avec des tolérances rigoureuses.

La dimension des fils varie de 5/100 à 8 mm.

L'élaboration des produits semi-ouvrés en aluminium ou alliages exige beaucoup de précautions indépendamment de la technique spéciale propre à leur fabrication.

Les métaux légers ont des surfaces tendres, aussi il faut éviter les rayures qui peuvent provenir de la fabrication, des poussières, des manutentions.

Ces précautions qui sont à prendre lors de la fabrication des produits semi-ouvrés sont à prendre également lors de leur transformation chez les utilisateurs.

b) II - TRAVAIL de L'ALUMINIUM et de ses ALLIAGES

FOURS ET TRAITEMENTS THERMIQUES

DIFFERENTS TYPES DE FOURS -

Le travail de l'aluminium et des alliages nécessite parfois l'utilisation de fours pour :

- le recuit de l'aluminium, l'aluminium-Manganèse, le Studal écroui,
- le recuit, la trempe, ou même le revenu du Duralumin, de l'almasilium, des pièces fondues en certains alliages,
- le réchauffage des produits pour le travail à chaud et particulièrement la forge.

Ce que sont ces différents traitements thermiques :

Comme les alliages légers ne permettent pas de grands écarts de température de traitement thermique, on est obligé d'avoir recours à des fours suffisamment précis. Il y a deux sortes de fours: les fours à air et les fours à bain de sel.

a) Fours à air - Chauffés au coke, au gaz, au mazout,

ils conviennent pour le réchauffage et le recuit, éventuellement pour la trempe; ils ne sont pas très précis et l'on risque de rayer le métal avec les poussières entraînées par les gaz.

Dans les grands fours, il est difficile d'obtenir une température précise, d'où nécessité d'avoir un brassage d'air.

Avec les alliages légers, il faut éviter le contact direct de la flamme avec le métal. C'est pour cette raison que le four électrique présente certains avantages, encore faut-il se méfier des parois du four et ne pas mettre le métal en contact directement avec elles.

a) Recuit -

b) Fours à bains de sel -

L'avantage des fours à bain de sel est que précisément jamais le métal ne risque d'être en contact avec la flamme; de plus, on a une température bien uniforme sur la totalité du bain par suite des courants de convection du liquide (le sel utilisé qui est du nitrate de soude se trouve fondu à la température où l'on opère).

La température est précise par suite du volume calorifique, il n'y a pas de variation de température entre les différents points du bain.

Ces fours conviennent pour la trempe, le recuit; peu pour le travail à chaud à cause des sels entraînés et qui risquent de rayer les outillages.

Ils peuvent être chauffés au gaz, mazout, ou électriquement.

c) Contrôle de la température -

Les limites de température pour les différents traitements étant très faibles, on est obligé d'avoir des instruments précis. On ne peut pas se baser sur la couleur du métal. Lorsqu'un alliage léger est à 300°, 400° et même 500°, il conserve toujours la couleur qu'il a à la température ambiante.

Pour le travail des alliages légers, on utilise comme instruments de mesure, des pyromètres. Ces derniers sont de différentes façons :

- le pyromètre à canne pour prendre la température d'un four (air ou bain de sel)
- le pyromètre à griffes pour prendre la température de la pièce à travailler,
- également des thermomètres montant jusqu'à 600°.

Correction - Les pyromètres à couple thermo électrique n'indiquent qu'une différence de température (celle existant entre la soudure froide et la soudure chaude) il convient donc d'ajouter au chiffre lu, la température de la soudure froide, c'est-à-dire la température ambiante. Il existe dans le commerce des appareils qui tiennent compte de cette température ambiante.

De plus, il faut faire, s'il y a lieu, la correction due aux erreurs d'appareils.

LES DIFFERENTS TRAITEMENTS THERMIQUES -

a) Recuit -

Le recuit se fait en chauffant à 380/400° pendant trois ou quatre heures et en laissant refroidir lentement. Plus le refroidissement est lent, meilleur est le recuit (chute de température 50° par heure)

Pour l'Aluminium, l'Aluminium-Manganèse et le Studal écroui, le refroidissement peut être fait à l'air ambiant.

Lorsque l'on veut recuire localement une tôle écrouie en ces métaux, pour la plier par exemple, on trace au savon de Marseille, quelques traits suivant la ligne de pliage et l'on chauffe la partie à travailler à l'aide d'une lampe à souder - Lorsque les traits de savon deviennent noirs, le métal est recuit et l'on peut effectuer le travail.

b) Trempe -

La trempe se fait en chauffant le métal à $490 \pm 10^\circ$ pour le Duralumin, 480/500 ou 530 pour l'Almasilium. Il y a une marge de température très faible. Il faut donc avoir des appareils précis et que l'on vérifie souvent. Le temps de chauffe est de 15 à 20 minutes à la température indiquée; ensuite on immerge les pièces dans l'eau froide à la température ambiante.

Pour éviter des déformations à certaines pièces, au lieu d'une trempe à l'eau, on fait une trempe à l'air. Les caractéristiques sont moins bonnes, surtout si les pièces sont épaisses. Pour une épaisseur de 10/10, les caractéristiques mécaniques sont peu influencées, par contre pour une épaisseur de 6 ou 8mm on perd quelques kg.

Aussitôt après la trempe le métal est mou, il conserve cette malléabilité pendant quelques heures, puis il durcit progressivement pour atteindre au bout de 4 jours, ses caractéristiques normales, ce phénomène s'appelle la maturation. On profite de cette malléabilité pour travailler le métal (pliage, cintrage, chaudronnage, emboutissage) pendant les 4 heures qui suivent la trempe.

c) Revenu -

Le revenu s'effectue à une plus basse température, en général entre 150 et 200° suivant les alliages.

Evidemment pour ce travail on ne peut pas prendre un four à bain de sel. Comme le nitrate de soude se solidifie vers 230° on serait obligé de plonger la pièce dans une masse de sel. On emploie des fours à air chauffés électriquement ou des bains d'huile mais ces derniers sont d'un emploi moins commode dans les ateliers. La durée du revenu varie suivant les alliages et la température où il se fait; il peut être de 3, 4 ou 6 heures.

d) Réchauffage -

Le travail à chaud, soit emboutissage, soit forgeage

se fait pour les alliages légers et particulièrement le duralumin, le métal Y et l'alliage 576 entre 425 et 375°. Le réchauffage se fera donc autour de 425°; toutefois il n'y a aucun inconvénient à chauffer le métal jusqu'à 450 et 475°. Cette élévation de température compensant les pertes entre la sortie du four des pièces et leur mise en place sous l'outil.

Pour vérifier la température de la pièce on utilise le pyromètre à griffes, à défaut, on peut se servir de sciure de bois qui au contact du métal doit roussir et présenter quelques points rouges sans toutefois s'enflammer.

Quand le métal a été surchauffé, c'est à dire porté au-dessus de 515°, il ne peut plus être travaillé; au moindre coup de pilon il s'éparpille. Ce métal surchauffé ne peut être régénéré par aucun traitement thermique - Il peut seulement être réutilisé en fonderie.

PLIAGE ET CAMBRAGE

Les rayons minima possibles varient avec les divers alliages et leur qualité "écroui" ou "recuit".

Voici le tableau de ces différents rayons en fonction de l'épaisseur des tôles:

a) Alliages sans traitement thermique -

Aluminium Aluminium-Manganèse Studal	{	recuit r=	{	0,5 à 1 e suivant épaisseur 1 à 1,5 e " " 1 à 1,5 e " "
--	---	-----------	---	---

Lorsque ces alliages sont écrouis et que l'on veut faire un pliage à court rayon, on les recuit localement.

Aluminium Aluminium-Manganèse Studal	{	écroui r=	{	1 à 1,5 e suivant épaisseur 2 à 3 e " " 3 à 4 e " "
--	---	-----------	---	---

b) Alliages à traitement thermique -

Duralumin Almasilium	{	A l'état normal	{	2,5 à 3,5 e suivant épaisseur 1,5 à 2 e " "
-------------------------	---	-----------------	---	--

Lorsque l'on veut des rayons plus réduits, on doit

opérer:

- à froid sur recuit ou aussitôt après trempe (Duralumin { r= 1 à 2 e suivant épa.
Almasilium { r= 0,5 à 1 e " ")
- à chaud (375 à 425°) (Duralumin { r= e ou même anglevif
Almasilium { " ")

a) Alliages sans traitement thermique

En opérant sur recuit ou à chaud, il est nécessaire de tremper la pièce après façonnage.

En opérant aussitôt après trempe, on profite de la malléabilité du métal dans les 3 ou 4 heures qui suivent le traitement et il est inutile de retremper la pièce.

c) Duralinox H

- à froid, il permet des rayons comparables au Duralumin recuit,
- à chaud, il permet de très courts rayons, mais n'étant pas sensible à la trempe, cet alliage n'a pas besoin d'être traité à nouveau après avoir été travaillé à chaud.

CHAUDRONNAGE

Pour le chaudronnage, on applique les principes ci-dessus. L'on fait des recuits intermédiaires si nécessaires. Chaque pièce présente un cas d'espèce et suivant ses dimensions et le matériel dont on dispose, on part, lorsqu'il s'agit d'Aluminium, d'Aluminium-Manganèse ou de Studal, soit de métal "recuit", soit de métal "écroui" que l'on recuit par place comme il a été dit précédemment (chap: Différents traitements thermiques).

Si l'on doit chaudronner des tôles de Duralumin ou d'Almasilium, on fait ce travail sur recuit et l'on trempe une fois la mise en forme terminée, ou encore on fait le travail aussitôt après la trempe en profitant de la malléabilité du métal. Pour ces derniers alliages, on peut aussi, lorsqu'il s'agit de petites déformations, les faire entre 150 et 200°.

CINTRAGE

- CINTRAGE du TUBE -

Comme pour la tôle, le rayon varie avec la nature du métal et son état.

Si l'on veut avoir un beau cintre, sans plis, ni jarrets, il ne faut pas prendre des tubes trop minces. L'épaisseur du tube doit être comprise entre $d/10$ et $d/15$ pour d jusqu'à 35 - entre $d/20$ et $d/25$ pour 40 et plus

Voici les rayons de cintrage des tubes des différents alliages en fonction du diamètre, étant entendu que l'épaisseur est comprise dans les limites indiquées ci-dessus.

a) Alliages sans traitement thermique -

Aluminium {
Aluminium-Manganèse { recuit $r = 2 d$

S'il s'agit de qualité 1/2 écroui, les rayons deviennent 3 à 4 d. Si le métal est écroui, il est pratiquement impossible à cintrer. Les tubes en Aluminium recuit sont assez délicats à travailler par suite du peu de résistance du métal.

b) Alliages à traitement thermique -

Almasilium { à l'état normal { $r = 3$ à $4 d$
Duralumin { $r = 4$ à $5 d$

Si l'on veut des rayons plus courts avec ces deux alliages, il faut opérer :

- à froid sur recuit ou aussitôt après trempe ce qui donne sensiblement les mêmes résultats qui sont :

Almasilium { $r = 2$ à $3 d$
Duralumin { $r = 2,5$ à $3,5$

- à chaud entre 375 et 425° , ce qui est peu pratique.

Signalons que le Duralinox H permet des rayons de cintrage sensiblement voisins de ceux obtenus avec le Duralumin recuit. En outre, il peut être travaillé à chaud sans perdre ses caractéristiques mécaniques après chauffage.

MODE OPERATOIRE -

Cintrage à la main à froid -

Pour cintrer les tubes à la main, on les remplit soigneusement de résine, de brai, d'étain ou de plomb. On laisse refroidir après s'être assuré qu'il n'y a pas de vide dans le tube,

AUTRES TRAVAUX SUR TUBES -

ce qui amènerait une rupture au droit du manque de remplissage; on peut activer le refroidissement en plongeant le tube dans l'eau. Le remplissage à l'étain et au plomb n'est pas à recommander par suite de la température élevée à laquelle on est obligé de chauffer les tubes pour les vider (250 à 350°).

Le cintrage se fait sur une forme de rayon appropriée. Le gabarit devra être légèrement plus fermé que la forme définitive de la pièce pour tenir compte de l'élasticité du métal.

Cintrage à la main à chaud -

Si l'on doit faire le travail à chaud, on remplit avec du sable assez fin, suivant la méthode bien connue employée pour les tubes de chauffage.

Cintrage à la machine -

En général, les tubes sont cintrés :

- avec remplissage, à la résine ou au brai.
- ou sans remplissage : avec mandrin intérieur (billes, olives ou tige droite (machine BONNAMY)
ou à creux (machine DARD, MINGORI)

Les rayons de cintrage à la machine sont sensiblement ceux indiqués précédemment. Avec le remplissage ou un guidage intérieur, on obtient toujours un meilleur cintre qu'à creux. Les formes de cintrage et les galets doivent être parfaitement adaptés au diamètre du tube et soigneusement polis dans les parties qui sont en contact avec le métal.

Remarques -

Lors du cintrage des tubes, on peut rencontrer quelques défauts :

Ruptures, le rayon est trop court, ou il y a une paille ou une inclusion dans l'épaisseur du tube.

Surfaces rugueuses - le tube s'est bien cintré, mais il a laissé apparaître une surface rugueuse (peau de crapaud). Ce défaut provient uniquement du métal qui présente un gros grain, celui-ci est dû à un écrouissage insuffisant suivi d'un recuit qui précisément a fait apparaître ce gros grain.

Plissements - pour le rayon envisagé, l'épaisseur du tube est un peu trop mince par rapport à son diamètre, ou encore, il y a des solutions de continuité dans le remplissage.

AUTRES TRAVAUX SUR TUBES -

Évasement - L'évasement peut se faire pour dudgeonner des tubes, dans ce cas, on part de métal recuit ou I/4 dur pour les alliages sans traitement thermique; pour le Duralumin, on opère aussitôt après la trempe pendant que le métal est encore mou. L'Almasilium qualité R 22 se dudgeonne très bien.

Pour les collets battus destinés aux assemblages des tubes, on fait ce travail sur métal recuit ou, à chaud, pour les alliages à traitement thermique.

Rétreint - Soit pour conifier des tubes, soit même pour les fermer et en faire des bouteilles pour le logement des gaz sous pression par exemple. Le travail se fait à froid sur métal recuit pour les alliages sans traitement thermique, ou au contraire, à chaud pour les alliages comportant un traitement thermique.

Bien entendu après façonnage, il est nécessaire de tremper les pièces pour donner au métal les caractéristiques définitives.

CINTRAGE DU PROFILÉ -

Même principe que ci-dessus, on opère :

à froid pour les grandes courbures avec montage ou sur machine à trois galets. On peut obtenir des rayons de courbures ayant 8 à 10 fois la largeur de l'aile cintrée sur champ.

à chaud (400°) par forgeage au marteau on obtient des courbures plus réduites; on peut arriver sans trop de difficulté, ni trop de réchauffages à $r = 2$ à 3 fois la largeur de l'aile.

Signalons l'intérêt du Duralinox H pour le cintrage à chaud. Cet alliage n'étant pas sensible à la trempes après avoir été chauffé, il retrouve, en refroidissant, ses caractéristiques primitives, on peut donc l'utiliser pour le chaudronnage ou le cintrage des pièces de grandes dimensions qu'il serait malaisé de tremper après finition.

Débillardage de main courante -

Pour ce travail, on chauffe la partie à cintrer à 400/425°. Lorsque l'on n'a pas à sa disposition un four, on a au moins une forge (c'est le cas sur les chantiers), on fait alors un feu assez plat, on chauffe la pièce en ayant soin de vérifier

la température de temps en temps à l'aide de la sciure de bois, (sciure fumant et présentant quelques points rouges).

Si la main courante doit être cintrée sur la rampe même, le chauffage des parties à travailler peut se faire à l'aide d'une lampe à souder.

L'emploi du chalumeau est plus délicat et si l'ouvrier ne fait pas très attention, il risque de brûler le métal avec le dard de la flamme, surtout si le profilé est assez mince.

PLANAGE

Le planage des tôles et des bandes se fait sur des machines à planer qui opèrent: soit par traction, soit à l'aide de rouleaux. Dans ce dernier cas, les machines doivent avoir des rouleaux très bien polis.

Pour les alliages à traitement thermique, on fait ce travail aussitôt après la trempe.

Planage à la main -

Il arrive souvent que des éléments de construction comportant des pliages ou des nervures, ont besoin, après travail, d'un parachèvement par planage des parties droites. Ce travail ne peut se faire qu'à la main sans d'ailleurs aucune difficulté pour des métaux relativement mous, tels que : l'Aluminium, l'Aluminium-Manganèse.

Pour les alliages à caractéristiques plus élevées: Almasilium et Duralumin, par suite de la résistance du métal et surtout de son élasticité, l'ouvrier est obligé de donner un plus grand nombre de coups pour une même déformation par rapport à l'acier. Il y a intérêt, quand on le peut, à faire ce travail aussitôt après la trempe. Il faut éviter l'emploi du marteau et se servir de maillets en buis pour ne pas marquer la surface des tôles.

CISAILLAGE

Plus un métal est dur, (jusqu'à une certaine limite s'entend) mieux il se cisaille franchement.

Les alliages légers H.R. se cisailent mieux que l'aluminium.

Il n'y a aucune difficulté à utiliser les machines et les lames dont on se sert pour l'acier (même coupe),

b) Alliages avec traitement thermique - (Almagium, Duralumin)

Toutefois, les surfaces étant plus polies que celles des tôles d'acier, il y a tendance à glissement à l'attaque de la lame. Eviter que celle-ci, ou encore la table de la machine, soit grasse.

La résistance au cisaillement des différents alliages légers est d'environ les 3/4 de leur résistance à la traction, pour les alliages à traitement thermique, et les 3/5 pour les alliages sans traitement thermique.

- Aluminium recuit { résistance à la traction = 8 kg/mm²
" au cisaillement = 4,8 "

- Duralumin normal { résistance à la traction = 40 kg/mm²
" au cisaillement = 30 "

DECOUPAGE

Mêmes remarques que ci-dessus.

Même affûtage des outils, même puissance de machine que pour l'acier.

Les alliages légers H.R. peuvent se découper à l'état normal ou recuit, suivant les opérations ultérieures que l'on doit effectuer sur les flans. Lorsque les pièces ne comportent qu'une opération de découpage, on a intérêt à prendre du métal écroui ou pour les alliages à traitement thermique, du métal trempé.

EMBOUTISSAGE

a) Alliages sans traitement thermique - (Aluminium, Aluminium-Manganèse, Studal)

Généralement on part de flans en métal recuit. Parfois, pour de petits emboutis, on peut utiliser la nuance 1/4 dur.

Le travail se poursuit toujours à froid, comme pour le laiton, avec sensiblement le même nombre de passes.

Si cela est nécessaire, on fait un ou plusieurs recuits intermédiaires à 400°

Avec l'Aluminium et l'Aluminium-Manganèse, en une passe, on peut obtenir un embouti de profondeur sensiblement égal au diamètre.

b) Alliages avec traitement thermique - (Almasilium, Duralumin).

A l'état normal, les déformations possibles sont peu appréciables, surtout avec le Duralumin, on travaille de préférence sur recuit, sur trempe fraîche ou à chaud.

Travail sur recuit ou sur trempe fraîche -

Si le recuit est fait au bain de sel, il faut nettoyer les pièces pour éviter les rayures par le sel. (lavage à eau tiède).

On a intérêt à faire une trempe avant la dernière passe, pour éviter la déformation par traitement thermique d'une pièce finie que l'on serait obligé ainsi de recalibrer.

Lorsqu'on opère aussitôt après trempe, on profite de la malléabilité du métal dans les quelques heures qui suivent ce traitement thermique.

Comparativement à l'acier, le nombre de passes est supérieur de

- de 1 à 3 pour le duralumin et
- de 1 à 2 pour l'almasilium.

Avec le duralumin recuit ou travaillé aussitôt après trempe, on peut obtenir en une passe, un embouti de profondeur = $1/2$ diamètre environ.

Avec l'Almasilium, profondeur = $3/4$ diamètre environ.

Travail à chaud -

C'est surtout pour le Duralumin et le Duralinox H que l'on opère ainsi.

La chauffe se fait au four à sole ou au four électrique : 400 à 450°.

On contrôle la température de la pièce avant travail, au moyen d'un pyromètre à griffes.

Pour éviter une chute de température au moment de l'emboutissage, on chauffe l'outillage à l'aide d'une pièce d'acier portée au rouge par exemple.

L'emboutissage se fait entre 375/425°.

Pour le duralumin, il est nécessaire de tremper la pièce finie et de la recalibrer, ou de faire la dernière passe (en général, calibrage) aussitôt après trempe.

Pour l'emboutissage à chaud, on détermine les cotes des outillages comme on le ferait s'il s'agissait du travail de l'acier. (En effet, le coefficient de dilatation linéaire du Duralumin est double, mais la température de travail est moitié moins élevée).

c) Outillage -

Pour les petites séries, on utilise la fonte ou l'acier ordinaire,

Pour les séries importantes, les qualités d'aciers sont analogues à celles employées couramment pour le laiton ou l'acier.

Formes des outillages : Ils doivent présenter beaucoup d'entrée et avoir des rayons aussi grands que possible, particulièrement pour l'extrémité des poinçons et les fonds de matrice.

Les surfaces doivent être soigneusement polies.

d) Lubrifiant -

On doit utiliser des produits de bonne qualité : huile soluble, pétrole, ou mélange des deux.

Pour le travail à chaud : huile résistant aux hautes températures, ou mieux, suif et plombagine.

e) Défauts sur les emboutis -

Plissements : jeu trop grand entre le poinçon et la matrice, mauvais serrage du flan.

Arrachements : saletés entraînées ou mauvais état de l'outillage.

Si en même temps que l'on fait de l'emboutissage on fait de l'étirage, (diminution d'épaisseur); il faut opérer sur métal recuit avec les alliages légers à H.R., car la trempe donne une surface plus rugueuse que le recuit.

Défonçage - (avec Aluminium ou Aluminium-Manganèse) trop de puissance ou pas assez de jeu dans l'outillage.

Gros grain - Ce défaut peut se produire sur du métal recuit après avoir été faiblement écroui (le recuit a amené la formation de gros grain) ou sur du métal recuit longtemps à basse température (surtout Aluminium).

REPOUSSAGE

Ce genre de travail permet d'obtenir, sans outillage onéreux, de petites séries de pièces creuses, ou des pièces qu'il serait difficile d'obtenir par emboutissage à cause de leur forme en contre-dépouille.

a) Alliages sans traitement thermique - (Aluminium, Aluminium-Manganèse, Studal).

Le travail se fait à froid sur la qualité "recuit" ou 1/4 dur à l'aide du brunissoir; graissage au suif.

b) Alliages avec traitement thermique - (Almasilium, Duralumin)

On opère en général à froid sur recuit, sur trempe fraîche, la surface du métal n'est pas assez lisse.

Si la pièce est difficile, on fait des recuits intermédiaires; de toute façon, il faut éviter l'échauffement.

Souvent, on facilite le repoussage en chauffant la pièce sur le tour au moyen d'une rampe à gaz, dans ce cas, il faut avoir soin de vérifier de temps à autre, à la sciure de bois, la température qui ne doit pas dépasser 400° (sciure fumant et présentant quelques points rouges).

Il n'est pas nécessaire de retremper la pièce car l'écrouissage dû au travail du métal est suffisant. En une seule opération, on peut obtenir une pièce repoussée de profondeur égale au diamètre, l'épaisseur de la tôle étant de 15 à 20/10.

FORGEAGE - ESTAMPAGE - MATRICAGE

a) Aluminium, Aluminium-Manganèse, Studal, Almasilium -

Ces alliages sont peu employés car la pièce de forge est par définition une pièce résistante, donc à caractéristiques élevées.

Parfois, à cause des qualités de résistance à la corrosion, de légèreté et surtout de conductibilité électrique, on peut être amené à faire des pièces en Aluminium 99,5 forgées par suite de leur forme (connexions d'accumulateurs pour la marine par exemple). Le travail se fait à chaud à 400°.

RIVETAGE

Généralités

Ce procédé d'assemblage présente certains avantages sur la soudure; pas de déformations, ni de variations des caractéristiques mécaniques du métal, pas de tour de main spécial.

Le rivetage des alliages légers est assez facile, toutefois il faut prendre quelques précautions lorsqu'il s'agit de la pose des rivets en Duralumin.

Il faut toujours employer des rivets de même métal à l'exclusion d'acier ou laiton à cause des risques de corrosion par formation de couples électrolytiques.

Forme des rivets -

Comme pour les autres métaux, il existe des rivets T.R.T.F., plate ou bombée. - Ils sont obtenus par refoulement à froid du métal qualité recuit. Les rivets en Duralumin de $\phi > 12$ sont faits à chaud.

Calcul des rivures - Il se fait comme pour l'acier et en utilisant les mêmes formules.

Les résistances au cisaillement sont :

Aluminium recuit	5 kg/mm ²
" écroui	9 "
Almasilium R = 22	16 "
Duralumin	30 "

Le diamètre des rivets est fonction des épaisseurs à assembler comme pour l'acier, mais le rapport du diamètre à l'épaisseur de la tôle est un peu plus faible pour les alliages d'aluminium :

$$\frac{d}{e} = 1,8 \text{ pour tôles d'épaisseur } \geq 2 \text{ mm,}$$

Il peut aller jusqu'à 2,5 pour les tôles minces.

RIVURES D'ASSEMBLAGE -

Les rivets sont moins espacés qu'avec l'acier, le pas varie de 3,5 à 5 d. La pose se fait dans les conditions suivantes

Rivetage des tôles en Aluminium, Aluminium-Manganèse, Almasilium-

On emploie des rivets de même alliage en qualité 1/4 dur ou R = 22 pour l'Almasilium, afin d'éviter le flambage de la tige au moment de la formation de la tête.

La pose se fait à froid avec outillage ordinaire et ne présente aucune difficulté.

Rivetage des tôles Duralumin -

On emploie des rivets Duralumin que l'on pose différemment suivant leur diamètre.

- Pose à froid -

Pour les diam. ≤ 4 , les rivets se posent facilement, même s'ils sont en métal trempé et mûri.

Pour les diam. compris entre 4 et 6mm, on facilite la pose en chauffant les rivets à 100° et on effectue le travail à cette température.

Pour les diam. > 6 , on place les rivets aussitôt après la trempe en profitant de la malléabilité du métal. (I)

Pour les diam. > 12 , on opère de la même façon, toutefois pour la formation de la tête, il est préférable d'utiliser un marteau à bouterolle tournante dont le travail est plus progressif.

- Pose à chaud -

Les très gros rivets duralumin peuvent se poser à chaud (400°) de même que ceux en Duralumin H. Cette méthode n'est à employer pour le Duralumin que lorsqu'on a trop de difficulté à placer des rivets à froid, ou lorsqu'il s'agit de tôles duralumin assemblées sur des profilés en acier par exemple.

Si l'on est obligé d'employer des rivets en acier (cas d'un assemblage où la section du duralumin est faible par rapport à celle de l'acier), on peut les placer au chaud noir s'ils sont de diamètre > 6 mm - La tête à former sera toujours du côté de l'acier.

- (1) Pour conserver pendant assez longtemps, après la trempe le métal mou, c'est à dire retarder sa maturation, on peut le mettre dans des glacières à -10° . A cette température le métal conserve ses qualités de malléabilité et les rivets peuvent être sortis de la glacière au fur et à mesure des besoins. Le temps pendant lequel on peut faire la pose des rivets sans difficultés, compte à partir du moment où ces rivets sont revenus à la température ambiante.

RIVURES D'ETANCHEITE -

Il faut employer des rivets gros et rapprochés, bien matés, pas = 3d environ.

Les joints utilisés sont: peinture, papier, bande aluminium recuit, ou des joints spéciaux suivant les cas. Il faut éviter les joints poreux.

Précautions à prendre pour le rivetage -

- Ne pas employer de bouterolles coupantes,
- Enduire les faces en contact des tôles de peinture à base de goudron.
- S'assurer pour les assemblages en duralumin, que les rivets ne sont pas en métal recuit.

Outillage -

L'outillage habituel convient très bien pour la pose des rivets en alliages légers; soit outillage à main, soit machines,

- Marteau et bouterolles,
- Riveuses à percussion (Jurax)
- " hydro-pneumatique (Bréguet)
- Marteau pneumatique à bouterolle tournante.

Décapant -

SOUDURE

Généralités -

La soudure de l'Aluminium et de ses alliages est possible à condition de prendre certaines précautions et d'acquérir un tour de main. Son emploi dans les alliages à H.R. peut conduire à des mécomptes si l'on ne prend pas certaines dispositions. En effet, la soudure a des caractéristiques inférieures à celles du métal traité; en particulier, elle a un allongement faible d'où pour les pièces travaillant à la flexion, risque de criques.

Il faut étudier l'emplacement des soudures et prévoir, lorsque les tôles à assembler sont de grandes dimensions, la possibilité pour le métal de se dilater ou contracter librement.

SOUDURE AUTOGENE -

La composition de l'alliage influe sur les facilités de soudure.

- l'Aluminium, l'Aluminium-Manganèse, le Studal se soudent assez facilement,
- l'Almasilium et surtout le Duralumin sont un peu plus délicats à souder.

On peut employer comme gaz : l'oxygène, l'hydrogène, l'acétylène ou le gaz d'éclairage.

Comme chalumeaux : ceux habituels avec buse légèrement plus faible que pour l'acier.

Toutefois, par suite de la conductibilité de l'Aluminium, la chaleur à fournir sera plus grande à épaisseur égale pour une tôle de grande surface que pour un petit échantillon.

En général, pour souder la tôle de :

1mm,	il faut un bec de 50 à 60 litres,
2mm,	" " " 120 "
3mm,	" " " 250 "
5mm,	" " " 500 "

Décapant -

Il est nécessaire d'employer un décapant pour dissoudre l'alumine. Les qualités requises pour ce décapant sont :

- Point de fusion de 150° inférieur à celui du métal,
- Densité faible pour que le flux surnage le bain,
- Fluidité suffisante pour que le flux s'étale bien,
- Préparation avec des produits purs.

Les décapants que l'on utilise habituellement pour la soudure autogène, sont :

"HARAKIRI" - fabriqué par la Maison ODAM - 131, rue d'Avron -PARIS,
et poudre "303" " " " Sté Fse des METAUX & ALLIAGES BLANCS
80, Rue de la Roquette PARIS.

Ces Maisons ont d'ailleurs différentes qualités de décapant suivant le métal à souder.

Métal d'apport -

Il est nécessaire, sauf dans le cas de tôles minces

assemblées par bords relevés, il doit être de même composition que les métaux à souder.

Pour les alliages, on peut prendre de la baguette à 5 ou 10% de Si, vendue par la Sté du DURALUMIN.

Pour les pièces de fonderie, on peut utiliser de la baguette d'Alpex ou des baguettes d'apport spéciales pour pièces de fonderie et que l'on trouve dans le commerce.

Le diam. de la baguette doit être égal à l'épaisseur des bords à souder.

Exécution du travail

Les pièces sont maintenues dans un montage de préférence surtout s'il s'agit d'une série de pièces à souder.

On décape les bords, on pointe par endroit si la ligne de soudure est assez longue.

D'autre part, pour l'assemblage des tubes, il faut prévoir des ouvertures pour le nettoyage des soudures.

Pour les pièces de fonderie, on procède à un chauffage préalable dans la région à souder; de même pour le bord des grandes tôles.

Si l'on a une pièce mince et une pièce massive à souder, il faudra chauffer préalablement cette dernière.

Vitesse de soudure

Elle est variable suivant la forme des pièces et leur épaisseur.

En moyenne :

1 m. de soudure sur tôle de 1mm	se fait en	5 minutes
1 m. " " 2mm	"	6 "
1 m. " " 3mm	"	8 "

Finition

Lorsque la soudure est terminée, il faut en éliminer le décapant qui est très corrosif; pour ce faire, on procède à un lavage à l'eau chaude et à un brossage énergique de la soudure.

Ensuite, pour augmenter les caractéristiques mécaniques chaque fois qu'on le peut, on procède à un martelage.

Avec les alliages légers H.R. si la forme de la pièce le permet on fait une trempe après finition pour améliorer encore les caractéristiques de la soudure.

Si la surface doit présenter un aspect net, les cordons de soudure sont ébarbés à la fraise ou à la meule.

SOUDURE ELECTRIQUE -

Soudure par points -

Elle est réalisable dans de bonnes conditions pour des tôles d'épaisseur jusqu'à 25/10 environ.

La grande conductibilité électrique de l'aluminium oblige à faire passer une grande intensité de courant (3fois plus que pour l'acier).

La grande conductibilité calorifique conduit à faire passer ce courant pendant un temps très court (1/10 de seconde) et bien déterminé.

Pour ces raisons, on est obligé d'utiliser des machines automatiques spéciales donnant des contacts parfaits, des ruptures de courant rapides et des temps de soudure réglables. Sur certaines machines, la pression des électrodes sur les pièces à souder est variable; elle est d'abord énergique, puis assez faible au moment du passage du courant, ensuite, elle redevient importante après rupture pour faire pression sur le point de soudure.

Les électrodes sont en cuivre rouge, l'angle des pointes est d'environ 140°.

Les machines d'une certaine importance sont prévues avec refroidissement par circulation d'eau.

Bien entendu, les parties à souder doivent être convenablement nettoyées, soit par un décapage, soit par un passage à la toile afin d'assurer un contact parfait.

Suivant l'épaisseur des tôles, on peut obtenir par point, des résistances de l'ordre de 120 à 600 kg.

Soudure à l'arc -

On commence actuellement à souder à l'arc les alliages légers et particulièrement le Duralinox H en utilisant des électrodes de même métal avec un enrobage spécial.

Il faut en outre prendre des précautions particulières pour la mise en place des tôles et le réchauffage des bords.

SOUDURE TENDRE -

Dans certains cas où l'on n'a pas besoin pour l'assemblage d'une soudure résistance, mais plutôt d'un collage et d'autre part, pour la soudure des pièces de faible épaisseur (5/10) on a intérêt à utiliser une soudure tendre.

Les soudures tendres se divisent en plusieurs catégories; celles ayant un haut point de fusion, celles ayant un point de fusion moyen, enfin, la soudure de réaction telles que certaines poudres à souder (Lhocoryne).

FRAISAGE - Voici quelques adresses de Maisons où l'on peut trouver des soudures tendres donnant satisfaction :

ODAM - 131, rue d'Avron - PARIS
Société T.S.A. 128, rue Chevallier - LEVALLOIS (Seine)
BARITAUT - 13, Boulevard de Levallois - NEUILLY-sur-SEINE (Seine)

Toutefois, sur les pièces qui doivent être polies, on a intérêt, chaque fois qu'on le peut, à utiliser la soudure autogène, en effet, au polissage, les assemblages faits avec des soudures tendres laissent quelquefois apparaître des traces de teinte plus foncée que le métal de la pièce.

Il faut se méfier des nombreuses soudures que l'on présente sur le marché et qui en fait n'offrent guère d'amélioration sur ce qui existe.

USINAGE

SCIAGE - Les alliages d'Aluminium s'usinent très facilement et à grande vitesse; plus ils sont durs, moins ils encrassent les outils.

Les travaux se font pour :

- L'Aluminium, l'Aluminium-Langanèse, le Studal, sur métal "écroui"
- Les alliages à haute résistance, sur métal "normal"
- Le Duralinox H se travaille bien, même à l'état "recuit".

Lubrifiant -

En général on emploie le pétrole ou l'huile soluble ou les deux mélangés.

On peut travailler à sec, mais il est préférable de lubrifier.

TOURNAGE - DECOLLETAGE -

Les angles de coupe sont voisins de ceux de l'acier et non du laiton.

La vitesse pour la barre jusqu'au diamètre de 25 peut aller jusqu'à 400 m/minute si le tour le permet.

Avance: 0,2 à 1mm

Profondeur de passe; 2 à 3mm suivant la robustesse du tour.

Avec le Duralumin on peut réussir de beaux filetages bien lisses et sans aucun arrachement.

Pour les filetages, éviter de faire des fonds de filets très aigus, (particulièrement dans la visserie). On trouve maintenant dans le commerce de la visserie et de la boulonnerie en Aluminium et en Duralumin.

FRAISAGE -

Afin de faciliter le dégagement des copeaux, les outils doivent avoir des dents très espacées.

Vitesse jusqu'à 600m/minute.

Pour le dégrossissage, on peut prendre des passes de :

- profondeur 5mm
- avance, 1mm.

PERCAGE - TARAUDAGE - ALESAGE -

Les forets sont à pas rapide: 45°, l'angle au sommet est de 140°.

Pour les tarauds et les alésoirs, on prévoit de larges cannelures de dégagement de copeaux.

SCIAGE -

Les scies à bois à ruban peuvent convenir, également les scies circulaires.

Pour les rubans: épaisseur de la lame: 0,9 à 1mm

pas: 5 à 6mm

voie: 2mm

LIME -

Il existe des limes à taille spéciale (genre écouenne) pour éviter l'encrassage.

TRAITEMENT DESSURFACES

On est amené à préparer les surfaces des pièces soit pour y poser un enduit, puis une peinture, soit afin d'en modifier l'aspect pour une question de présentation ou de protection.

Il existe toute une série de traitements de surface :

DECAPAGE -

C'est le traitement le plus simple, on fait subir aux pièces les opérations suivantes :

- Immersion dans un bain de soude caustique à 10%,
- Rinçage à l'eau,
- Immersion dans un bain d'acide nitrique à 10%,
- Rinçage à l'eau
- Séchage à la sciure de bois,
- Il faut avoir soin de bien rincer pour faire disparaître toute trace de soude ou d'acide afin d'éviter la corrosion ultérieure.

Pour activer le traitement, on peut augmenter la proportion de soude et d'acide, ou encore chauffer les bains.

On peut aussi utiliser pour le décapage :

- l'acide sulfurique (bain à 15% chauffé à 45°) et l'acide nitrique.
- l'acide sulfochromique (bain à 45°).

Ces deux méthodes sont préférables à l'emploi de la soude, surtout pour le décapage du Vedal.

- l'acide phosphorique et l'acide fluorhydrique

Ces deux derniers sont d'un emploi plus délicat et plus coûteux.

SABLAGE -

En général on sable les pièces pour une question de présentation (pièce de fonderie par exemple) ou pour préparer les surfaces en vue d'un recouvrement métallique ou d'une peinture.

On utilise du sable de Nemours, grain moyen ou fin, avec pression d'air de 1,5 à 2 kg/cm²

Il faut éviter une trop forte pression pour le sablage des tôles minces.

Avec ce traitement on obtient un aspect de surface agréable mais fragile au toucher.

BROSSAGE - SATINAGE -

Ces traitements se font au moyen de brosses circulaires de 150mm de diamètre environ en fils d'acier fins. La vitesse est de 1200 à 1500 t/m.

Il faut une légère pression et les tôles doivent être préalablement bien dégraissées. Le passage sous la brosse doit se faire soigneusement pour les traits restent toujours parallèles.

Pour le satinage, on emploie des brosses plus fines que pour le brossage.

La manutention des surfaces satinées exige beaucoup de précautions, aussi certains utilisateurs recouvrent-ils les surfaces ainsi préparées, d'un vernis léger et incolore.

POLISSAGE -

Se fait comme pour les autres métaux et avec le même matériel que pour le laiton par exemple.

D'autre part, plus un alliage a une dureté superficielle élevée, mieux il se polit.

Le polissage comprend les opérations suivantes :

- bufflage,
- passage au tampon,
- dégraissage,
- avivage.

Bufflage -

Il se fait sur des disques de feutre garnis d'émeri très fin collé sur la périphérie. A cet effet, pour le collage, on emploie un mélange; moitié colle de Givet, moitié colle de Lyon et des émeris de grain 160 à 180 (au maximum grosseur 140) ou 0 et mieux 00. Les numéros de références varient avec les maisons qui fabriquent ces produits.

La qualité de feutre utilisée pour les alliages d'aluminium est le 1/2 dur.

Le bufflage fait disparaître les traces de limes, les rayures d'étirage, les défauts superficiels. Souvent dans les ateliers de polissage, on possède des buffles préparés avec des émeris différents et que l'on emploie suivant l'état de surface des pièces à polir.

Les buffles utilisés ont généralement 4 à 500 mm de diamètre et tournent à une vitesse de 2000 à 2500 t/m.

Pour les tôles d'aluminium, d'aluminium-manganèse et de Studal, si les surfaces n'ont pas été abimées en cours de travail ou de manutention, on peut supprimer le bufflage sur les pièces.

Passage au tampon -

Cette opération se fait sur des tampons constitués par des disques de drap ou encore pour avoir un peu plus de souplesse, par des disques de drap et de doublure alternés.

On enduit la périphérie de ces disques, de pâtes spéciales de dureté appropriée aux alliages d'aluminium, telles que le jaune américain, C.A.S. jaune, Berrichromine, dont les principaux fournisseurs sont :

FORTIN - 34, rue Sedaine - PARIS (II°)

GRAUER & WEIL - 76, Boul. Richard-Lencoir - PARIS (II°)

SIMON - 81, Avenue Philippe Auguste - PARIS (II°)

Ces pâtes sont généralement à base de tripoli et de suif.

Dégraissage -

Il peut se faire :

- soit à la benzine,
- soit à l'essence,

- soit avec un dégraissant ordinaire, tel que le trichloréthylène.

Il est suivi d'un séchage dans la sciure de bois.

Avivage -

Enfin, lorsque l'on veut avoir une présentation impeccable, on termine le polissage par un avivage qui se fait à l'aide de tampons très doux constitués par calicot et flanelle alternés. On emploie différents produits, tels que : jaune de chrome clair, chaux vive mélangée à la stéarine, etc...

Pour des grandes surfaces (tôles, bandes,) on procède aux mêmes opérations mais en utilisant, au lieu des tourets sur lesquels sont montés les buffles et les tampons, des machines spéciales ou des disques montés sur flexibles. Les produits minces qu'il n'est pas facile de tenir sont fixés sur des planches de bois qui sont d'une manipulation plus aisée.

Polissage au tonneau -

Il s'applique surtout aux petites pièces de forme plutôt arrondie, pour ce faire, on décape les pièces, puis on les place dans un tonneau avec des billes d'acier et de l'eau de savon. On fait tourner le tonneau pendant un certain temps, la vitesse de rotation doit être telle que la charge doit rouler et non sauter à l'intérieur; après polissage, les pièces sont mises à sécher dans un autre tonneau contenant de la sciure de bois chaude.

Cette méthode de polissage est bon marché, mais évidemment elle ne donne pas de produits d'un aussi beau fini que le polissage à la main et elle ne peut s'appliquer qu'aux petits objets.

PEINTURE -

Il n'y a aucune difficulté à peindre les surfaces d'alliages d'aluminium si celles-ci ont été convenablement préparées.

Cette préparation comprend :

- un dégraissage à l'essence, à la benzine, au trichloréthylène,
- un décapage pour faire disparaître le "glacé" des surfaces qui ne permet pas l'accrochage de l'enduit. Cette opération se fait à la toile émeri ou à la poudre de ponce fine.

Il existe dans le commerce des produits permettant de faire les 2 opérations simultanément, tels que :

- DEOXYDINE n° 10
 - IPRO
- (fabriqués par la Cie Française des Produits Industriels - 177, Quai d'Asnières ASNIERES (Seine)

Lorsque les surfaces sont ainsi préparées, on passe une couche d'impression, puis ensuite la ou les couches de peintures, vernis ou laques désirés, soit au pinceau, soit au pistolet.

Parmi les peintures qui peuvent être employées sur les alliages légers, il faut noter la peinture à l'aluminium qui joint à ses qualités décoratives, des qualités de protection efficaces.

MOYENS DE PROTECTION CONTRE LA CORROSION

SURFACES POLIES -

Les surfaces polies résistent mieux à la corrosion que les surfaces brutes de laminage. L'éclat du métal se conserve bien surtout si elles sont périodiquement l'objet d'un léger entretien qui peut être fait soit avec des liquides abrasifs, soit avec des poudres abrasives:

- liquides abrasifs que l'on trouve partout dans le commerce, tels que l'Argentil, le Silvo, le Nicklor.

- poudres abrasives telle que la Chaux de Vienne par exemple.

On peut encore protéger les surfaces polies par des vernis incolores. Il faut éviter dans ce cas les vernis de qualité secondaires qui, s'ils sont bien incolores au moment de l'emploi se pigmentent à la longue et jaunissent.

Au pinceau, le vernis doit être soigneusement appliqué afin d'éviter les bulles d'air.

SURFACES MATES -

Plus le métal est dur, plus il résiste. Le métal écroui résiste mieux que le métal recuit. L'alliage trempé résiste mieux que l'alliage recuit; mais quoi qu'il en soit, on est obligé, dans certaines applications, de préserver les surfaces par un enduit ou par tout autre moyen de protection pour éviter la corrosion, par exemple pour des pièces d'aluminium destinées à être employées au bord de la mer, soumises au brouillard salin ou bien dans des appareils que l'on est obligé de faire en aluminium pour certaines raisons et qui renferment des produits qui à la longue seraient susceptibles d'attaquer le métal.

Il y a différents moyens de protection;

1°- Peintures et enduits qui peuvent être des:

- peintures ordinaires de bonne qualité (Ripolin, L.C.H, Georget, etc.
- peintures à base de goudron, à l'aluminium (Bitumastic)
- enduits à base d'huiles cuites (Lionoil)
- vernis cellulosiques (Duco, Valentine, L.C.H., Novavia).
- laques cuites au four à 150/180° - Il faut éviter les émaux à chaud que l'on traite au four à 400° par suite du risque de recuire le métal.

Pour la bonne adhérence de tous ces produits, il faut une surface propre recouverte d'une couche d'impression appropriée à l'enduit. Les indications concernant ces produits peuvent être données par tous les bons fournisseurs de peinture, ceux-ci ayant étudié spécialement le recouvrement des surfaces d'aluminium.

2°- Oxydation provoquée -

Le principe de cette protection consiste à provoquer soit chimiquement, soit électrolytiquement une couche d'alumine à la surface des pièces. Cette couche est dure, adhérente et isole le métal sous-jacent de tout contact.

Les principaux procédés d'oxydation sont:

Protalysation - Les pièces bien décapées sont plongées dans un bain chauffé contenant des sels complexes, les réactions se produisent à l'ébullition et il se forme une couche d'alumine. La surface est ensuite recouverte d'une laque cuite à 180° environ.

La protalysation correspond pour les alliages d'aluminium à la parkérisation de l'acier. Elle est faite par la Compagnie Continentale PARKER.

Oxydation anodique - (Procédé Bengough) - La pièce préalablement dégraissée est placée dans un bain contenant de l'acide chromique, la formation d'alumine se fait par électrolyse. La durée de passage du courant est d'environ 1 h., le bain est maintenu à la température de 40°.

Le Comptoir des Approvisionnements de l'Aviation 4, rue Galilée à PARIS et certaines maisons d'Aviation possèdent des cuves pour ce traitement.

Oxydation anodique - (Procédé Alumilite) - Procédé semblable au précédent, le bain est une solution d'acide sulfurique à 66°B. La durée de l'opération varie entre 20 et 60 minutes suivant la dureté que l'on veut obtenir pour la couche d'alumine, le bain est également chauffé.

Après ce traitement, les pièces sont rincées, puis si on le désire colorées par teinture dans des bains tièdes. Ensuite, on procède au fixage (sealing), que la pièce soit teinte ou non, par immersion dans l'eau bouillante. On peut aviver la teinte en frottant la pièce avec un chiffon.

Ce procédé de protection peut être appliqué dans la décoration ou au lieu de traiter des surfaces brutes, on traite des surfaces polies, on obtient ainsi de jolis aspects de coloration.

Plusieurs Sociétés ont des installations permettant de traiter à l'alumilite des pièces en alliages légers:

Anc. Ets. GREGOIRE - 52, rue du Berceau - MARSEILLE (B. du R.)
Comptoir des Approvisionnements de l'Aviation -4, rue Galilée-
PARIS.

Chantiers & Ateliers de PENHOET - St-NAZAIRE (Loire Inf.)
Sté "PROCOL" - 7, rue Auber - PARIS

Procédé M.B.V.- (pour l'Aluminium) - Les pièces sont plongées pendant 3 à 5 minutes dans une solution de carbonate de Na à 8% et chromate de Na à 1,5% à la température de 90° - Ce procédé est moins efficace que ceux ci-dessus, mais il est simple et très économique.

3° Revêtements métalliques - par différents procédés suivant le métal déposé sur les surfaces.

Dépôts électrolytiques - (nickelage, chromage, argenture, dorure par des procédés spéciaux et variables suivant les brevets. Ces revêtements sont cités pour mémoire, ils ne s'appliquent que dans des cas bien spéciaux.

Schoopage au zinc; un fil de métal est porté en fusion par un chalumeau et projeté violemment sous forme de petites gouttelettes sur les surfaces à protéger. Celles-ci sont préalablement sablées pour assurer une bonne adhérence, on pose généralement deux couches dont l'épaisseur totale est de 3/100 - augmentation de poids de 230 grs. au m² environ.

Vedal - S'obtient en recouvrant du Duralumin, d'Aluminium pur L'opération est faite par le métallurgiste. La protection est très efficace car en cas d'attaque en atmosphère humide, il se forme un couple duralumin-aluminium et le sens du courant est tel que c'est l'aluminium qui tend à s'attaquer et comme le métal utilisé est pur, l'attaque est très lente; en tout cas, le métal résistant (le duralumin) est protégé.

III - PRINCIPALES APPLICATIONS DE L'ALUMINIUM et de ses ALLIAGES

AUTOMOBILE

Avantages (La légèreté des pièces en mouvement permet une
(diminution des efforts d'inertie.
(Les qualités thermiques de l'aluminium ont fait
(adopter ce métal pour la coulée des culasses et des
(blocs cylindres; le rendement des moteurs ainsi
(équipés se trouve amélioré.

Les principales pièces en alliages légers que l'on rencontre dans les voitures automobiles sont les suivantes:

Moteurs (Pistons, bielles, culasses, carters, blocs cylindres
(sous forme de pièces fondues.

Châssis (Roues, tambours et mâchoires de freins, pièces
(fondues en Alpac ou embouties en duralumin.

Carrosseries (Tourisme: portes, capots, accessoires, pare-chocs
(Autobus et cars: ossature et panneautage (facilité
(de réparations et d'entretien pas de rouille).
(Industrielles: fourgons, remorques, bennes, citernes
((le gain de poids est de 25 à 45% suivant les cas)
(On emploie les tôles d'aluminium-manganèse - profi-
(lés en aluminium pour garnitures ou en duralumin
(pour ossatures de caisses.

CHEMIN DE FER

Avantages (L'emploi des alliages légers permet avec une sécurité
(au moins égale à celle des constructions acier,
(d'abaisser le poids mort par voyageur de 500 à 200 kg
(L'allègement facilite les démarrages et donne la
(possibilité d'ajouter des voitures supplémentaires
(avec même puissance de traction.

Applications (Voitures à voyageurs: pour la banlieue ou les
(grandes lignes, faces, cloisons, pavillons, por-
(tières, cuivrerie, décoration.
(Automotrice: ensemble de la construction
((Charentaise) ou panneautage (Renault)
(Tramways: longerons, pièces de caisse, encadrements
(de baies, poignées, mains courantes.

Pour la charpente, on emploie des tôles et profilés en Duralumin et en Duralinox H. Pour le revêtement, des tôles en Almasilium ou en Aluminium-Manganèse. Les pièces fondues sont en Alpax ou en A.P.33. La décoration est en profilés Studal, Aluminium Manganèse, tubes en Almasilium ou pièces fondues en G.7 ou 4I S.M.

CYCLE

L'emploi du Duralumin dans le cycle donne des avantages de légèreté, d'inoxydabilité, pas de nickéage ou de chromage qui s'écaille, un simple avivage permet d'avoir des pièces très propres.

Toutes les pièces de cycle peuvent être réalisées en alliages légers, c'est généralement le Duralumin ou l'Almasilium qui sont employés.

Il est nécessaire de travailler les alliages légers suivant les indications données et de terminer s'il y a lieu par un traitement thermique pour éviter des déboires lors de l'emploi.

Il faut éviter les pièces fondues dans les parties soumises à des efforts de flexion.

AUTRES MOYENS DE TRANSPORT

Cabines de Téléphériques

Par l'emploi du Duralumin, on obtient une réduction sur les sections de câbles, sur le nombre de pylônes et sur la puissance de la machine motrice.

Les cabines des téléphériques du BREVENT et du REVARD ont été exécutées en alliages légers.

Cages de Mines -

Il est possible en gardant, même machine et même câble d'augmenter la production (étage supplémentaire sur ancienne cage) Pour une installation nouvelle; réduction de puissance nécessaire et de section de câble.

Afin de tirer le meilleur parti de l'allègement, chaque cas doit faire l'objet d'une étude spéciale détaillée.

AVIATION

- Avantages - (Il est nécessaire d'employer des matériaux à faible
(densité et résistants aux efforts mécaniques
(importants aussi bien qu'aux intempéries.
- Moteurs (Pièces de carter fondues, pistons, bielles
(leviers, supports en alliage Y ou en alliage
(576 matricés.
- Cellules (Ossature, revêtement d'ailes, aménagements,
(instruments de bord, réservoirs, hélices,
(atterrisseurs (roues en Alpax)

La plupart des gros avions actuels sont presque entièrement construits en Duralumin ou en Vedal (Profilés, tôles, pièces matricées).

MARINE

- Avantages (Les principaux sont: légèreté,
(incombustibilité, inoxydabilité grâce aux
(revêtements.
- Marine de Guerre (Eléments des superstructures, cloisons, portes,
(bâtis, carters, pistons de Diesel, réservoirs
(d'huile, tuyauteries, enveloppes de turbines,
(carcasses de ventilateurs, boîtes étanches,
(barres de connexions, éléments de tableaux, échel-
(les, mobiliers etc...
- Marine de Commerce (Les emplois sont plus restreints, on trouve à bord
(des paquebots:
(le calorifuge Alfol à base de papier d'Aluminium,
(la décoration: mobilier, rampe, portes en alliages
(légers.
(Peinture.
- Navigation de Plaisance (Pièces de petits moteurs hors bord,
(Charpentés de yachts - mâts,
(Canots de sauvetage - Canoés.
- Les alliages employés sont: le Duralumin, l'Almasilium
l'Aluminium, en profilés, tubes, barres et tôles.
L'Alpax et l'A.P. 33 en pièces coulées.

ELECTRICITE

L'Aluminium a une résistivité faible: 2,828 microhm-cm pour fil d'aluminium écroui entrant dans la constitution des câbles. Cette résistivité correspond pour l'aluminium à une conductibilité égale à 62% de celle du Cuivre - Aussi, à conductibilité égale, le conducteur en Aluminium pèsera la moitié du conducteur en Cuivre.

Effet Corona (perte d'électricité à travers l'air)

Sur les lignes à haute tension, par suite du plus grand diamètre du câble Aluminium par rapport au câble cuivre, la tension critique à partir de laquelle commence à se produire ces pertes se trouve plus élevée ($U = Ar \log \frac{D}{r}$)

Les différentes applications dans l'électricité sont les suivantes:

1°- Lignes aériennes -

Répercussion de l'allègement sur: flèche, portée, pylone

Pour chiffrer le bénéfice total, il est nécessaire de faire une étude complète de la ligne avec câble en aluminium parallèlement à celle faite avec câble en cuivre.

Nature des Conducteurs

Câbles homogènes en Aluminium - primitivement on n'utilisait que ces conducteurs - ils sont actuellement encore employés pour des portées moyennes.

Câbles mixtes Aluminium-acier - Ame en fils d'acier galvanisé à haute résistance, autour câblage en fils d'aluminium.

Câble 7 brins: 1 acier, 6 aluminium
" 37 " 7 " 30 "

Pour les très grandes portées, on peut envisager d'autres combinaisons avec plus d'acier. Le calcul mécanique de ces conducteurs s'effectue comme s'ils étaient homogènes et l'on détermine leurs caractéristiques par calcul ou expérience.

Câbles en Almélec ou Aldrey (Suisse) Leur conductibilité est 90% de celle de l'aluminium pur, leur résistance mécanique est deux fois plus élevée.

Précautions à prendre lors du montage -

Lors du montage, il faut éviter la détérioration du câble par contact avec le sol ou avec le matériel de montage.

Garnissage en bois ou en aluminium des tendeurs et serre-fils. Le manchonnage se fait de différentes façons. Pour les câbles aluminium-acier, il se fait séparément pour l'acier et pour l'aluminium.

Au droit des isolateurs il faut protéger le câble par une bande d'aluminium recuit de 10/10 d'épaisseur, largeur 10 à 12mm.

Appareillage de ligne

Il doit faire l'objet de soins spéciaux, il faut éviter le contact direct du conducteur avec un métal différent ou interposer une fourrure aluminium.

Sur les lignes à haute tension, pour les anneaux de garde (protection du câble contre les arcs) on utilise des tubes aluminium qui sont légers et pratiquement inoxydables.

2°- Barres de tableaux -

L'emploi de l'aluminium permet un gain de poids d'environ 50% et fait ressortir une économie appréciable sur le prix d'une installation cuivre.

Les barres sont en méplats aluminium 99,5 écroui et la rigidité est comparable à celle des barres en cuivre étant donné leur section.

Pour les jonctions, il faut bien nettoyer les surfaces de contact.

Les boulons et contre plaques doivent être prévus en conséquence pour une pression énergique.

3°- Barres de postes de transformation à haute tension -

Les barres omnibus et dérivation sont souvent réalisées en tubes almasilium ou duralumin ce qui permet étant donné la légèreté, d'avoir de plus grandes portées, de supprimer ainsi des isolateurs, des supports et de simplifier la charpente.

4°- Pièces de machines -

Parmi les applications des alliages légers dans les pièces de machines, on rencontre:

- des rotors de moteurs asynchrones en court-circuit : les barres viennent d'une seule pièce avec les anneaux de court-circuit, le tout en aluminium coulé directement dans le paquet des tôles d'induit d'où construction plus robuste puisque pas de soudure.

- de rotors de turbo-alternateurs: réduction de l'effet centrifuge.
- des bobines pour électro-aimant de levage: l'isolement du fil se fait comme pour le cuivre ou mieux par oxydation anodique la couche d'alumine restant isolante, même à haute température.

D'autres applications sont encore possibles et ont été réalisées surtout à l'étranger, entre autre: bobines inductrices pour moteurs de traction.

50- Appareillage -

L'Aluminium n'étant pas magnétique, on en fait des enveloppes de circuit haute tension pour éviter les courants de Foucault. Exemple de réalisations:

- Bâties de disjoncteurs à forte intensité,
- Pièces mobiles de disjoncteurs ultra-rapides,
- Blindages de lampes de T.S.F.
- Coffrets étanches pour la marine, l'armée,
- Appareils ménagers: légèreté, poli, facilité de coulée en coquille,
- Outils électriques portatifs,
- Condensateurs (variables, Aluminium 98/99, pour T.S.F.
(électrolytiques: 99,8 ou raffiné
(industriels à diélectrique papier,
(pour relever le facteur de puissance,
(Aluminium en minces épaisseurs: 0,005 à 6.

On commence à réaliser du petit appareillage: couvercle d'interrupteurs, douilles de lampes, en Aluminium, ou mieux, en Almasilium.

APPLICATIONS THERMIQUES

Rappel des propriétés thermiques de l'Aluminium
A volume égal, la chaleur spécifique est les 2/3
de celle de l'acier ou du cuivre.
Sa conductibilité est supérieure à celle du laiton.
" " est égale à 3 et 4 fois celle
de l'acier.

Son pouvoir émissif est faible (6 à 8% du corps noir)
Son pouvoir réflecteur élevé.

Applications

Ses propriétés ont permis son emploi comme calorifuge sous forme de papier Omm007 (Alfol) 3 kg/m³ au lieu de 150 pour le liège ce qui présente certains avantages:

- ininflammable,

- Prix voisin de celui du liège aggloméré,
- Toitures de wagons à voyageurs, de wagons frigorifiques, de camions de transports de denrées périssables. Isolation de cales.

Autres applications:

- Réflecteurs paraboliques,
- Echangeurs thermiques - radiateurs à ailettes, aérotherme organes refroidisseurs de matériel électrique (carcasses de moteurs blindés)

Applications des propriétés thermiques déjà énumérées: pistons, culasses etc...

INDUSTRIE MECANIQUE

Avantages - Les propriétés de l'aluminium utilisées sont:

- sa légèreté qui permet la diminution des effets d'inertie ou des effets centrifuges,
- sa bonne conductibilité,
- sa résistance à la corrosion;
- sa facilité d'usinage.

Applications -

Pièces en rotation (Hélices de ventilateurs,
(Rotors de pompes centrifuges,
(Poulies, engrenages, broches, bobines; pots
(centrifuges pour la soie.

Pièces animées d'un mouvement alternatif (Industries textiles et particulièrement les navettes sur machines automatiques pour distribution ou empaquetage.
(Pistons et coulisseaux pour locomotives.

INDUSTRIES CHIMIQUES & ALIMENTAIRES

Les propriétés qui permettent l'emploi de l'aluminium dans ces industries sont:

- l'inaltérabilité à l'air sec,
- l'oxydation ne risque pas de teinter les produits,
- sels non toxiques,
- quantités de corps peuvent entrer en contact avec l'aluminium sans risque d'altération pour ce métal.

Alliages employés :

- l'Aluminium 99,5 ou plus, sous forme de tôles épaisses,
- l'Almasilium, sous forme laminé, profilés, tôles,
- l'Alpax pour les pièces fondues.

Industries employant l'aluminium ou ses alliages :

- Acide nitrique,
- Industrie du gaz et du coke,
- Dérivés du soufre,
- Salines,
- Acide acétique,
- Acides et corps gras,
- Peintures et vernis,
- Résines, colles, gélatines,
- Caoutchouc, ébonite, isolants,
- Soie artificielle,
- Blanchiment à l'eau oxygénée,
- Matières colorantes,
- Tanneries, papeteries,
- Pétroles,
- Brasserie - Laiterie - Fromagerie,
- Huilerie - Sucrierie - Confiserie,
- Charcuterie - Conserve - Meunerie - Cuisine,
- Capsules de bouchage,
- Papier d'aluminium pour emballage,

ARCHITECTURE - DECORATION - AMEUBLEMENT

La tendance à l'emploi de l'aluminium et de ses alliages par les architectes s'est dessinée vers 1925 (Exposition des Arts Décoratifs Modernes).

Avantages:

Ces métaux ont un aspect décoratif, un poli agréable, ils sont inaltérables lorsqu'on emploie les alliages convenables.

Les alliages utilisés sont: l'Aluminium-Manganèse, le Studal, l'Almasilium, en tôles, profilés spéciaux ou tubes - Le G.7 et le 4I S.M. sous forme de pièces fondues.

Principales applications -

- Revêtement de façades à l'aide de panneaux coulés (Etats-Unis)
- quincaillerie (Boutons, béquilles, plaques de propreté, clés)
- Peinture à l'aluminium,
- Isolation thermique Alfol,
- Charpentes métalliques légères pour grandes portées.

- Menuiserie métallique décorative - Portes battantes ou monumentales,
- Rampes et mains courantes,
- Ascenseurs (ossature et décoration)
- Devantures de magasins - Vitrines, comptoirs, enseignes,
- Mobiliers (sièges - tables - bureaux - porte-manteaux)
- Mobiliers pour hôpitaux - Matériel médical (facilité de manutention et de désinfection).

Il faut se méfier de certains alliages fabriqués à partir de déchets et dont la tenue à la corrosion est plutôt médiocre. Les pièces coulées ainsi fabriquées noircissent au bout de peu de temps.

PAPIER D'ALUMINIUM

Le papier s'obtient par laminage de bandes : épaisseur 0,03 à 0,0005. Il peut être coloré, gaufré, imprimé ou collé sur papier.

Avantages (Il est moins cher et plus léger que le papier
(d'étain, ne contient pas d'impuretés toxiques
((Pb - Sb) car le long recuit nécessaire pour faire
(disparaître complètement l'écrouissage élimine
(toutes les impuretés, ce qui n'est pas le cas pour
(l'étain.

Emplois (Emballage (pratique, hygiénique)
(Décoration: couvertures de livres, de revues,
(reproductions photographiques,
(Condensateur - Calorifuge Alfol, etc..

POUDRE D'ALUMINIUM

Le plus souvent on part de déchets de papier d'aluminium que l'on réduit à l'état de paillettes minces.

Les principales applications de la poudre d'aluminium sont:

- la peinture,
- la pyrotechnie,
- la fabrication des explosifs.

Elle entre également dans la composition de certaines encres d'imprimerie et de certains produits d'entretien et de polissage.

1°- Peinture à l'aluminium, La poudre est mélangée à un support approprié (vernis, brai, etc.,..)

Avantages :

- Opacité de la couche
- Luminosité 60 à 70% (voisine des peintures blanches)
- Isolation thermique - pouvoir émissif 2 à 3 fois plus faible, que la peinture ordinaire.
- Imperméabilité, bonne résistance aux intempéries, donc moyen de protection efficace
- Légèreté: 2 l litre pèse 1 kg. Pouvoir couvrant intéressant, 10 à 15 m² au kg.
- Revient sensiblement au même prix au m² couvert que les autres peintures.

Il faut employer de la poudre de bonne qualité avec un support convenable. On trouve dans le commerce des produits fabriqués spécialement en vue de cet emploi par des maisons sérieuses.

Applications:

- Visibilité: pylône, signalisation, cale
- Isolation thermique: réservoirs, tanks de garde, wagons citernes
- Protection contre la corrosion: charpentes métalliques, bâtiments.

2°- Autres emplois

Explosifs (1 kg. d'aluminium dégage 7.140 calories en brûlant.,
(Sous faible concentration (7 à 13 mg. par litre
(d'air), le mélange s'enflamme s'il y a étincelle.
(Température de combustion très élevée (3000°)
(pas de produits gazeux.

Pyrotechnie (Fusée éclairante - Eclairs photographiques

AUTRES EMPLOIS

L'aluminium est encore utilisé en :

Métallurgie (comme :
(Désoxydant des bains d'acier
(Constituant des aciers et fontes nitrurés
((1 à 1,3%) d'Aluminium. Aciers à aimant (10 à 15%)
(Il empêche la nitruration de se propager à l'intérieur.

(Permet la dénitration des pièces par immersion
(dans un bain d'aluminium fondu
(En addition dans fontes et aciers, il améliore leur
(tenue aux températures élevées.
(Il entre dans la composition des bronzes d'alumi-
(nium: fonderie, forge (monnaie, hélices, pièces de
(torpilles et dans celles des alliages de Magnésium
((4 à 10% d'aluminium.

Aluminothermie (Consiste à mélanger de la poudre d'aluminium avec
(des oxydes métalliques broyés.
(On allume le mélange en un point, la réaction est
(très rapide et dégage beaucoup de chaleur,
(il se forme, d'une part, le laitier d'aluminium et
(d'autre part, le métal correspondant à l'oxyde.

Applications

L'aluminothermie sert à la:

- préparation de métaux et ferro-alliages exempts de carbone
 - soudure de rails ou de grosses pièces.
-