

L'aluminium et ses alliages, fabrication, emploi

Autor(en): **Pasquier, Leo du**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **68 (1942)**

Heft 1

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-51789>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : M. IMER, à Genève ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; CH. WEIBEL, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions
de pages.

Rabais pour annonces
répétées.



ANNONCES-SUISSES s.a.
5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER.

SOMMAIRE : *L'aluminium et ses alliages, fabrication, emploi*, par LEO DU PASQUIER, ingénieur, Société anonyme pour l'industrie de l'Aluminium, Lausanne. — *DIVERS : Politique et technique. — La spécialisation de l'architecte en France. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION. - INFORMATIONS DIVERSES.*

L'aluminium et ses alliages, fabrication, emploi,

par M. LEO DU PASQUIER, ingénieur, Société anonyme
pour l'industrie de l'Aluminium, Lausanne.¹

La fabrication industrielle de l'aluminium a débuté par une suite de coïncidences curieuses.

En 1863 naissait en France, dans la province du Calvados, Paul-Louis-Toussaint *Hérault*, tandis que la même année naissait aux Etats-Unis le jeune Charles *Hall*.

Dès leurs études, ces deux hommes, qui ne se connaissaient évidemment pas et n'avaient de commun que leur année de naissance, se passionnèrent simultanément pour les travaux de Sainte-Claire *Deville*. Ce dernier réussissait déjà alors à fabriquer une certaine quantité d'aluminium, métal isolé pour la première fois par *Wohler*, en 1827.

Hall et Hérault, séparés par des milliers de kilomètres, s'attachèrent tous deux à chercher une solution économique au problème de la production industrielle de ce métal, et le hasard voulu que la même année de nouveau, en 1886, tous deux arrivèrent à chef et déposèrent, l'un en Amérique, l'autre en Europe, un brevet pour des procédés pratiquement identiques et qui sont aujourd'hui encore, à peu de chose près, ceux qu'utilise l'industrie de l'aluminium. Après des succès divers, Hall et Hérault moururent tous deux également en 1914.

Alors que Hall avait trouvé des encouragements et des

appuis aux Etats-Unis, Hérault eut plus de peine à concrétiser ses résultats.

Les difficultés du procédé Sainte-Claire *Deville* avaient rendu les industriels sceptiques. C'est ainsi que Pêcheiney, grand industriel de l'époque, que Hérault était allé consulter, lui assura que l'aluminium aurait toujours un marché très restreint et par conséquent un avenir très limité.

Selon Pêcheiney, une fabrication beaucoup plus intéressante aurait été celle du bronze d'aluminium. Hérault perdit donc du temps à chercher trop tôt des alliages d'aluminium en vue d'obtenir un bronze. C'est par hasard qu'au cours d'une visite en Suisse à la Maison Oerlikon, où il était venu prendre livraison d'une dynamo commandée pour ses essais, qu'il expliqua son invention au directeur de la fabrique d'Oerlikon, M. Huber-Werdmüller.

M. Huber fut frappé par l'invention et réunit M. Naville, directeur de la Maison Escher-Wyss, ainsi que M. Neher, qui cherchait alors à exploiter la concession qu'il avait obtenue pour l'utilisation des forces motrices de la chute du Rhin à Neuhausen.

C'est à la suite de cet entretien que fut fondée en 1887, sous le nom de Société métallurgique suisse, la première société d'Europe pour la fabrication de l'aluminium selon les procédés modernes.

Cette Société, au capital de 200 000 fr., comprenait les actionnaires suivants, qui se répartissaient les 40 actions de 5000 fr. : Col. Huber-Werdmüller 7, Karl von Gonzenbach-Escher 6, Gustav Naville 4, Friedrich Wegmann 4, Col. Bleuler-Huber 4, Neher Fils & C^{ie} 4, Paul Hérault 4, Maison Escher-Wyss & C^o 3, Locher & C^{ie} 1, M. Zeller-Werdmüller 1, Zschokke & C^{ie}, Aarau 1, Jetzler, Winterthur 1.

¹ Conférence faite à Genève devant les membres de la *Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes*, le 6 novembre 1941.

En 1889, la Société changeait son nom pour celui de *Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium Neuhausen* qu'elle porte encore aujourd'hui.

* * *

Sainte-Claire Deville attaquait le minerai d'aluminium, c'est-à-dire la bauxite, par le carbonate de soude fondu, et obtenait ainsi un aluminat de sodium soluble dans l'eau. Cela permettait la séparation des impuretés insolubles et ensuite la précipitation de l'alumine ou oxyde d'aluminium par un courant de gaz carbonique.

L'alumine était alors transformée en chlorure par action du chlore en présence du charbon. Le mélange de chlorure double d'aluminium, de chlorure de sodium et de fluorure de calcium chauffé au rouge, isolait alors au fond du creuset un culot d'aluminium.

L'invention de Héroult et de Hall consistait à traiter directement par l'électrolyse, qui fournissait en même temps la température nécessaire, l'alumine dissoute dans le fluorure, c'est-à-dire la cryolithe en fusion.

Venons-en maintenant au procédé de fabrication d'aujourd'hui.

Le minerai de base de l'aluminium est la bauxite qui tire son nom du petit village des Baux, en Provence, où furent découverts les premiers gisements en 1821.

La bauxite est un hydrate d'alumine impur. On en distingue quatre espèces selon la teneur en alumine, silice et oxyde de fer.

Bauxites :	Alumine %	Silice %	Oxyde de fer %
Blanche	50-70	6-20	3-8
Grise	55-62	8-15	8-14
Grise siliceuse	40-45	25-30	8-14
Rouge	40-60	2-12	18-25

La bauxite rouge est la seule qui puisse être employée pour fabriquer de l'aluminium, car les procédés actuels ne permettent pas d'utiliser de façon économique les minerais contenant plus de 5 % de silicium.

Les principaux gisements de bauxite sont les suivants. Nous donnons en regard l'appoint qu'ils ont fourni en 1938 à la production mondiale :

Allemagne	2,5 %	
France	15,5 %	
Grèce	3,5 %	
Hongrie	12,5 %	
Italie	9 %	
Roumanie	0,5 %	
U. R. S. S.	11 %	
Yougoslavie	10 %	
Soit pour l'Europe		64,5 %
Etats-Unis d'Amérique	7,5 %	
Guyane anglaise	11 %	
Guyane hollandaise	8,5 %	
Autres pays d'Amérique	0,5 %	
Soit un total pour le Nouveau-Monde		27,5 %
Afrique	0,2 %	
Australie	0,1 %	
Asie (Indes néerlandaises, Indes anglaises, Malésie, Manéchourie)	7,7 %	
		8 %

L'exploitation totale, fournit, en 1938, 4 289 000 t de bauxite.

La bauxite s'exploite en mines ou en carrières, selon les affleurements du sol.

La fabrication de l'aluminium comprend deux parties bien distinctes :

1. Fabrication de l'alumine ou oxyde d'aluminium anhydre à partir de la bauxite.
2. Fabrication de l'aluminium à partir de l'alumine.

Seule la seconde opération se fait actuellement en Suisse sur une échelle industrielle. Il est bon de le rappeler, trop de gens croyant encore que nous recevons et travaillons le minerai lui-même.

Si le premier stade de fabrication ne se fait pas en Suisse, c'est avant tout pour des raisons de transport. En effet, il faut à peu près deux tonnes de bauxite pour fabriquer une tonne d'alumine. Il est donc préférable d'économiser le transport de ces 50 % de déchet en opérant sur place, c'est-à-dire, si possible au lieu d'extraction.

En outre, et cela surtout, le procédé actuel dit procédé Bayer, exige la consommation de deux à trois tonnes de charbon pour cette même fabrication d'une tonne d'alumine. On voit donc le rôle considérable que joue le transport dans cette industrie et la situation privilégiée qu'occupe la France, puisqu'elle réunit en Provence les gisements de bauxite et les gisements de charbon, ces derniers à Marseille notamment. On ne s'étonnera donc pas de trouver de grosses usines d'aluminium dans le grand port méditerranéen.

Les opérations principales qui constituent le procédé Bayer sont :

1. Concassage, séchage et mouture de la bauxite.
2. Traitement du minerai par la soude caustique en autoclave et à une température d'environ 160° C.
3. Refoulement dans des décanteurs où se fait la séparation entre le liquide clair, l'aluminat de soude et la soude, et le précipité constitué par les impuretés, telles que par exemple oxyde de fer, silico-aluminat de soude, titanate acide de soude, etc.
4. La solution d'aluminat de soude possédant la propriété de se décomposer spontanément en laissant déposer l'hydrate d'alumine sous l'effet d'une simple agitation mécanique, la

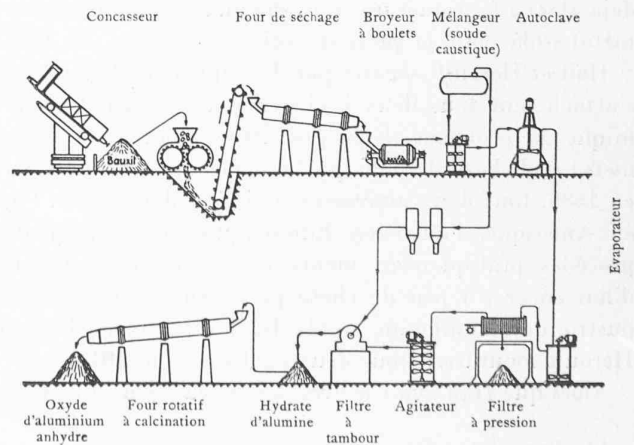


Fig. 1. — Fabrication de l'aluminium, schéma (procédé Bayer).

quatrième opération est la décomposition de cet aluminat de soude dans des récipients munis d'agitateurs.

5. Filtrage de l'hydrate d'alumine.

6. Calcination de l'hydrate à 1200° C, en vue d'obtenir l'oxyde anhydre, l'alumine.

Et c'est enfin cette alumine qui se présente sous forme d'une poudre blanche très ténue, qui sera envoyée aux fabriques d'aluminium pour passer au deuxième grand stade de fabrication. (Fig. 2).



Fig. 2. — Alumine.

Disons tout de suite, que cette fabrication se fait donc depuis l'invention de Hall et Héroult par électrolyse et exige quelques 25 000 kWh par tonne d'aluminium. Cela explique d'emblée la position privilégiée de la Suisse, cette fois, grâce à ses ressources en énergie électrique et la naissance de cette industrie à Neuhausen sur la chute du Rhin.

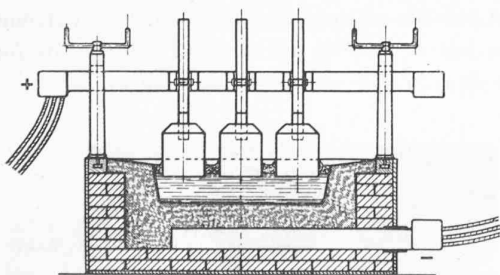


Fig. 3. — Cuve à l'électrolyse.

L'électrolyse se fait dans des cuves métalliques, dont l'intérieur recouvert de charbon, constitue la cathode, tandis que l'anode est constituée par une ou plusieurs électrodes en carbone qui plongent dans le bain. Ce bain lui-même est formé par l'alumine en solution dans la cryolithe fondue. L'opération se fait ainsi entre 920 et

1000°, avec un minimum de dégagement gazeux, alors que si l'on devait atteindre le point de fusion de l'alumine, il faudrait monter à 2000°.

Seule l'alumine est cependant décomposée par le courant électrique et la cryolithe ne s'épuisant pas, il suffit de recharger périodiquement les cuves en alumine pour assurer un fonctionnement continu.

L'oxygène s'échappe à la surface du bain autour des électrodes, où il se combine immédiatement au carbone des électrodes qui brûlent en donnant ainsi naissance au gaz carbonique.

L'aluminium, au contraire, se rassemble sur la cathode, au fond de la cuve, où il est puisé régulièrement soit par siphonage, soit au moyen d'une vis d'Archimède actionnée par une petite turbine à air comprimé et logée dans un tuyau qu'on introduit de l'extérieur dans le bain, en crevant la croûte qui se forme à la surface de ce dernier.

L'électrolyse de l'alumine se fait sous 7 à 8 volts, celle de la cryolithe ne débutera que sous 15 à 20 volts, d'où un moyen de contrôle très simple en utilisant une lampe rouge qui s'allume lorsque la tension s'élève et rappelle à l'ouvrier qu'il doit recharger en alumine.

Les cuves actuelles travaillent avec des courants de 30 000, 40 000, voire 70 000 amp. Pour une cuve moderne de 30 000 amp, on obtient une production d'environ 165 kg par jour.

Nous n'entrerons pas dans les détails de la fabrication des électrodes qui sont constituées par un aggloméré de brai et de charbon pulvérisé très pur. Le tout est calciné pendant quelques trois semaines à 1500°. Disons simplement que cette fabrication est une branche importante de l'ensemble et qu'elle a légitimé l'invention relativement récente (1918) par le Suédois Söderberg, du procédé dit de l'électrode continue. Dans ce dernier procédé, la chaleur de la cuve à électrolyse elle-même est utilisée pour la cuisson de l'aggloméré de l'électrode qui se fabrique ainsi au fur et à mesure dans le four lui-même que l'on alimente en charbon pour l'électrode comme en alumine pour le bain.

La consommation d'électrodes s'élève à environ 800 kg par tonne d'aluminium.

Résumons-nous en rappelant que pour la fabrication d'une tonne d'aluminium, il faut :

4 à 5 t de bauxite,
3 à 4 t de charbon ordinaire (25 millions de kg/cal),
0,8 t de coke et de brai pour les électrodes,
1,0 t de produits divers (cryolithe, soude, etc.),
soit, au total, 10 à 12 t de matériel.

On comprend une fois de plus le rôle des transports dans cette industrie.

* * *

L'aluminium obtenu par le procédé décrit ci-dessus, a un degré de pureté moyen de l'ordre de 99,5 %. Il est utilisé tel quel pour de nombreux emplois (casserolierie, électrotechnique, etc.). Toutefois, le grand succès du



Fig. 4. — Lingots d'aluminium brut.

métal léger est dû essentiellement aux alliages d'aluminium. Nous allons citer les principaux alliages suisses, qui se retrouvent d'ailleurs le plus souvent à l'étranger sous d'autres noms, s'il ne s'agit pas de compositions protégées par des brevets. Ouvrons cependant encore une parenthèse pour dire que des procédés de raffinage permettent aujourd'hui à la Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium, de fabriquer en quantités industrielles, sous le nom de *Raffinal*, de l'aluminium qui présente un degré de pureté de 99,995 % et possède des qualités remarquables de ductilité et d'inaltérabilité, utilisées surtout dans l'industrie chimique.

Nous distinguerons deux catégories d'alliages :

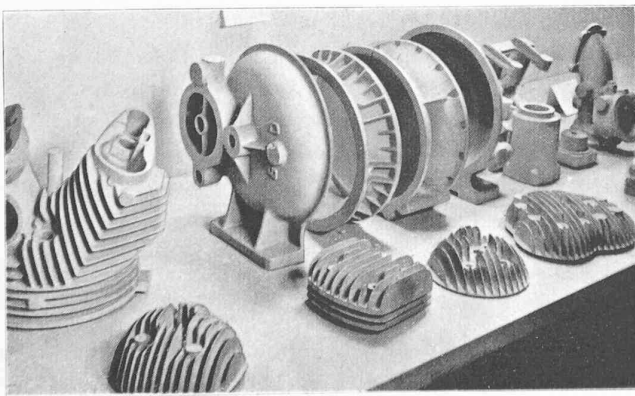


Fig. 5. — Fonte injectée.

1. Ceux qui acquièrent toutes leurs caractéristiques, sans traitement thermique postérieur à leur fabrication.

2. Ceux qui exigent, au contraire, un traitement thermique pour acquérir leurs propriétés définitives.

1. Alliages sans traitement thermique.

L'Aluman contient environ 1,5 % de manganèse et 98,5 % d'aluminium. Il possède une résistance mécanique un peu plus élevée que l'aluminium et conserve cependant un bon allongement spécifique. Il est utilisé pour la fabrication des produits mi-fabriqués, laminés ou filés à la presse. Il offre aussi une bonne résistance à la corrosion.

Les Peralumans que l'on distingue en *Peraluman-1*, *-3*, *-5*, *-7*, *-9*, selon leur teneur en magnésium, et qui, à côté de l'aluminium, contiennent environ 1,5 % de manganèse et respectivement 1, 3, 5, 7, 9 % de magnésium.

Ces alliages, qui sont de nouveau surtout des alliages pour mi-fabriqués, ont une résistance mécanique élevée qui croît d'ailleurs avec la teneur en magnésium, passant pour la qualité demi-dure de 22 kg/mm² à 38 kg/mm². Ils gardent également une bonne tenue vis-à-vis des agents chimiques.

Ces alliages sont, par contre, un peu moins maléables, et par conséquent, un peu plus difficiles à travailler que l'*Aluman* ou l'aluminium pur (la difficulté augmente avec la teneur en Mg), sans toutefois présenter aucun obstacle sérieux à un praticien quelconque. On en fera surtout des profilés, des barres, des tubes et des tôles.

Ces produits sont livrables en trois qualités : recuit, demi-dur et dur. Les qualités demi-dur et dur s'obtiennent par écrouissage. Les *Peralumans* peuvent enfin être utilisés comme alliages de fonderie.

Le Silumin, alliage de fonderie célèbre, qui contient 13 % de silicium correspondant à l'eutectique, et possède la propriété particulière de changer complètement de structure cristalline par la simple addition de quelques traces de sodium métallique. Sans cette addition, il possède une structure cristalline grossière qui le fait apparaître comme peu homogène, tandis qu'après cet affinage, il possède au contraire une structure extrêmement fine qui fait de lui l'un des meilleurs alliages de fonderie connus dans la gamme des métaux légers.

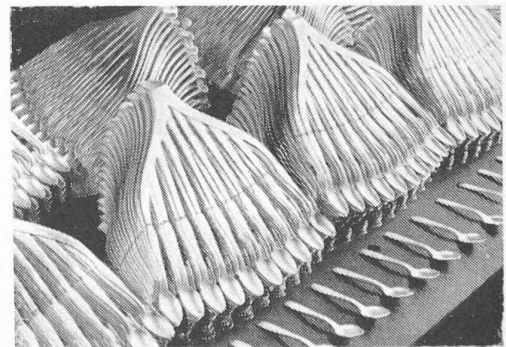


Fig. 6. — Fonte en coquille, pièces délicates.

2. Alliages exigeant un traitement thermique.

Nous citerons en tout premier lieu l'*Avional* qui est le nom suisse de l'alliage réputé sous le nom de duralumin. Ce sont évidemment les alliages à traitement thermique, et en particulier le duralumin qui ont fait la réputation des métaux légers, dans toute une catégorie d'applications tout au moins.

Précisons que l'*Avional* est un alliage au cuivre et comporte 3,5 à 5 % de ce métal, 0,2 à 1,5 % de magnésium, 0 à 1 % de silicium, le reste étant constitué par de l'aluminium.

Après traitement, cet alliage atteint les charges de ruptures qui vont jusqu'à 38 et 44 kg/mm² et même jusqu'à 55 kg/mm² pour certaines qualités auxquelles on a ajouté encore de 0,1 à 0,5 % de chrome, par exemple, comme c'est le cas pour l'*Avional* SK.

Le traitement thermique de cet alliage consiste en un recuit suivi immédiatement d'une trempe dans l'eau froide, qui communique au métal ce que l'on appelle aujourd'hui le durcissement structural.

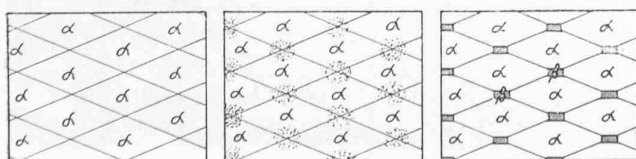
Il nous paraît intéressant de dire quelques mots de la théorie qui tente d'expliquer ce phénomène, puisqu'il s'agit d'une particularité commune à plusieurs alliages de l'aluminium.

On sait que les alliages sont le plus souvent des solutions solides. Le phénomène du durcissement structural ne peut avoir lieu que si l'un des composants de l'alliage voit sa solubilité dans l'autre varier avec la température.

Le cas le plus typique est celui du cuivre dans l'aluminium (fig. 7). Un tel alliage de teneur en cuivre A par exemple, est caractérisé par le fait qu'aux températures élevées, mais cependant en dessous du solidus, c'est-à-dire en dessous du point où l'alliage commence à entrer en fusion, ne se trouvent que des cristaux de formes α , constitués d'une matière homogène (constituant principal dans lequel le constituant moins important se trouve dissous), tandis qu'aux basses températures, nous avons deux formes de cristaux, à savoir des cristaux α et des cristaux β ; ces derniers étant ceux du second constituant à l'état non dissous.

Cependant, ces phases ne se détachent nettement les unes des autres que si la température varie lentement. Si, au contraire, d'une température T on passe brusquement par la trempe à une température T₁ beaucoup plus basse, l'inertie moléculaire est telle que les cristaux n'ont pas le temps de se précipiter, et nous avons alors une solution qui à cette dernière température T₁ est sursaturée, donc relativement instable.

Fig. 7. — Durcissement structural. Alliage type Al/Cu.



Cristaux homogènes à la température du recuit ou immédiatement après la trempe

Cristaux hétérogènes, première étape du revenu

Deux sortes de cristaux, deuxième étape du revenu

Supposons maintenant que l'on chauffe à nouveau cet alliage, qu'on le fasse revenir, pour parler le langage de la métallurgie de l'acier, à une température T₂ supérieure à T₁. Les énergies moléculaires étant augmentées, le constituant, dont l'alliage est sursaturé, va chercher à se précipiter. Le phénomène commencera donc par une hétérogénéisation de l'alliage; les concentrations de la solution augmentant localement là où se formeront plus tard les précipitations si la température continue à augmenter.

On voit donc maintenant déjà que le degré d'hétérogénéisation dépendra et de la température de revenu et du temps pendant lequel l'alliage est soumis à cette température.

Si le temps est suffisamment long, le constituant qui était dissous commencera à se précipiter, donnant naissance à des cristaux qui seront répartis en grains très fins, dispersés un peu partout dans la masse de l'alliage. Si le traitement se prolonge, ces grains vont se rassembler pour donner une structure plus grossière, correspondant à l'état stable de l'alliage de teneur A.

Au point de vue des caractéristiques de l'alliage dans ses différents états, on peut relever que les formes pures α et $\alpha + \beta$ sont relativement douces. Les cristaux glissent facilement les uns sur les autres, ce qui correspond à une limite élastique basse. Par contre, alors que la forme α , étant homogène, présente une bonne résistance à la corrosion, il n'en est pas de même, toute proportion gardée, pour la forme $\alpha + \beta$ dont l'hétérogénéité nuit à la résistance à la corrosion.

Au début du revenu, lors de la première hétérogénéisation, où seules les concentrations (et non les précipitations) interviennent, on a une résistance élevée qui pourrait s'illustrer par un meilleur agrippement de la matière, et la résistance à la corrosion reste bonne, puisqu'il n'y a pas, à proprement parler, d'hétérogénéisation véritable au point de vue matériau.

Lors de la fine précipitation, la résistance mécanique reste élevée, voire plus élevée, les grains de précipités freinant en quelque sorte le glissement, mais la résistance à la corrosion est déjà moins bonne.

Si donc on veut arrêter le phénomène à la seule hétérogénéisation des concentrations, on aura obtenu un optimum sous le double point de vue de la résistance mécanique et de la résistance chimique.

Toute la métallurgie des alliages légers à traitement thermique consistera donc à rechercher les températures et les temps de revenu qui conféreront au matériel les qualités optimums.

Pour l'*Avional*, ce problème se simplifie dans ce sens, que la température de revenu est la température ordinaire.

Pour l'*Anticorodal*, alliage sans cuivre, contenant 0,5 à 1 % de manganèse et 0,5 à 1,5 % de silicium, la température de revenu est de 155 à 160°

Ces traitements thermiques n'excluent pas un dernier écrouissage qui amène le métal à la qualité dite extra-

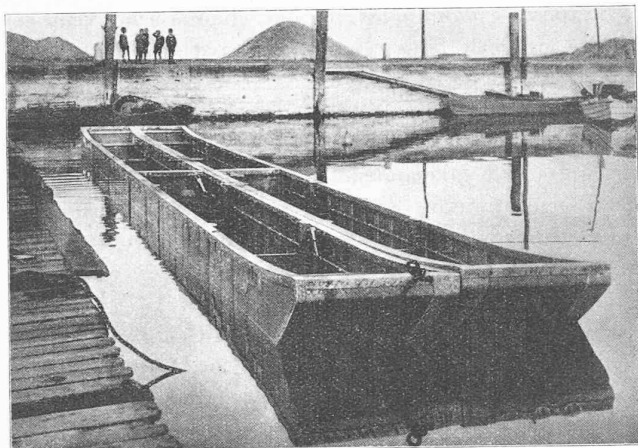


Fig. 8. — Ponton en tôle et profilés d'anticorodal.

dure. Signalons encore cependant que les alliages au cuivre sont toujours plus sensibles à la corrosion que les alliages au magnésium comme l'Anticorodal, par exemple, car la question de stabilité joue un rôle beaucoup moins grand que la différence de potentiel électrochimique qui existe entre les constituants et peut donner lieu à des corrosions intercrystallines (corrosions entre les cristaux α et β par exemple dans le cas précédent).

L'Anticorodal à l'état recuit montre une limite de rupture de 11 à 13 kg/mm². Cette limite passe à 32 et 42 kg/mm² pour les états durs et extra-durs, c'est-à-dire après traitement thermique.

L'Anticorodal, comme l'Avional, est un alliage pour mi-fabriqués, utilisé essentiellement pour la confection de profilés de toutes espèces et de tôles qu'on emploiera dans l'industrie de la carrosserie, dans la construction aéronautique, dans l'architecture et dans une quantité d'autres applications dont le champ s'ouvre chaque jour devant les possibilités de filer à la presse les profilés les plus compliqués. (Fig. 8 et 9.)

Nous avons encore, comme alliage à traitement thermique, les alliages de fonderie *Alufont-3* et *-4*, qui sont des alliages au cuivre également, contenant 4 à 5 % de cuivre. Nous avons un alliage de forge, appelé alliage Y, qui contient du nickel.

Ce sont les principaux, mais il est évident que les métallurgistes de chaque pays étendent indéfiniment la gamme de ces alliages en cherchant à conférer au matériel telle ou telle qualité selon ses fins.

Citons encore, par exemple, les alliages destinés à la fonte injectée qui se fait sous pression, alliages auxquels on a incorporé un certain pourcentage d'étain, afin de leur donner une coulabilité meilleure.

En passant en revue ces différents alliages, nous avons mentionné quelques-unes des différentes applications qui pouvaient en être faites ; rappelons cependant à ce propos les qualités essentielles de l'aluminium :

En tout premier lieu, il faut mentionner naturellement sa légèreté, qui, avec un poids spécifique de 2,7, soit moins

du tiers de celui du cuivre, en fait, après le magnésium, le métal commercial le plus léger.

Les applications dans lesquelles on a utilisé cette qualité sont innombrables, surtout dans la construction des véhicules.

Il peut s'agir des carrosseries dans les transports terrestres comme dans l'aéronautique, ou des moteurs dont l'aluminium vient augmenter les puissances spécifiques par la réduction des masses et la possibilité d'augmenter les vitesses de rotation.

Une autre qualité essentielle de l'aluminium est sa bonne tenue vis-à-vis des agents chimiques et de l'atmosphère en particulier ; l'aluminium ne rouille pas et il est insensible à l'action de la plupart des produits naturels, grâce à la pellicule d'oxyde de quelques millièmes de millimètres qui le recouvre instantanément et le protège ensuite contre les dégâts d'une oxydation plus prononcée, ou d'une attaque de corrosion.

Cette propriété en a fait le métal par excellence de toute la casserole, où sa ductilité est encore venue augmenter son champ d'application, grâce aux facilités de travail qu'elle procurait, et à la diversité des formes qu'elle permettait.

Nous n'avons pas à revenir à ce propos sur le mythe de la toxicité de l'aluminium. Des recherches en laboratoires, faites par des hôpitaux ou des instituts tout à fait impartiaux et dans tous les pays, ont maintenant définitivement classé cette hérésie.

C'est l'inaltérabilité de l'aluminium ou la bonne tenue de certains alliages, tels que l'Aluman, les Peralumans,



Fig. 9. — Cabine de téléphérique.

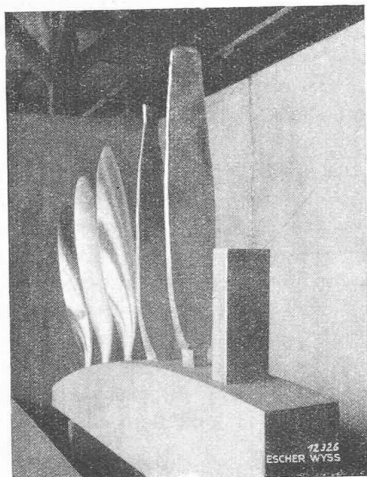


Fig. 10. — Travaux de forge, hélices d'avion.

l'Anticorodal, qui ont permis l'essor du métal léger dans l'architecture et la décoration.

C'est ainsi que l'on a pu voir de plus en plus l'utilisation des profilés d'aluminium pour les encadrements de portes et de fenêtres, les rampes d'escaliers, la lustrerie, les travaux forgés et tant d'autres.

Rappelons à ce propos que l'aluminium se travaille très facilement. Nous avons dit qu'il existait des alliages étudiés tout particulièrement pour la fonderie et qu'il en existait d'autres pour les mi-fabriqués, profilés et tôles, pour la forge, etc. (Fig. 10.)

L'aluminium se laisse emboutir, étirer, filer par chocs, plier à froid ou à chaud. (Fig. 11.)

L'aluminium et ses alliages se soudent facilement, suivant tous les systèmes connus dans la métallurgie des autres métaux, à savoir, soudure autogène, soudure à l'arc, soudure électrique par résistance (par points ou à la molette), soudure tendre, brasure et jusqu'au collage.

Certains alliages ont été étudiés pour le décolletage qui se fait aisément avec des outils présentant un bon dégagement et tournant à grandes vitesses comparables (et même plus élevées) aux vitesses employées pour le travail du bois, dont les outils peuvent, dans bien des cas, être utilisés sans autre pour ce métal.

Un procédé électrochimique, connu sous le nom d'oxydation anodique permet de renforcer la pellicule d'oxyde naturelle, de façon à assurer encore une meilleure protection du métal. Cette couche d'oxyde renforcée peut alors servir de support à des teintes différentes, à des laques ou à des émaux, permettant des effets décoratifs.

L'aluminium est enfin le métal commercial qui, après le cuivre, possède la meilleure conductivité électrique. A résistance égale, un conducteur en aluminium pèse la moitié du conducteur équivalent en cuivre. Cette propriété a été utilisée tout spécialement pour la construction des lignes aériennes, car elle a permis des économies sérieuses, soit par l'augmentation des portées, soit par l'abaissement des pylônes.

Deux systèmes sont utilisés : le premier consiste à

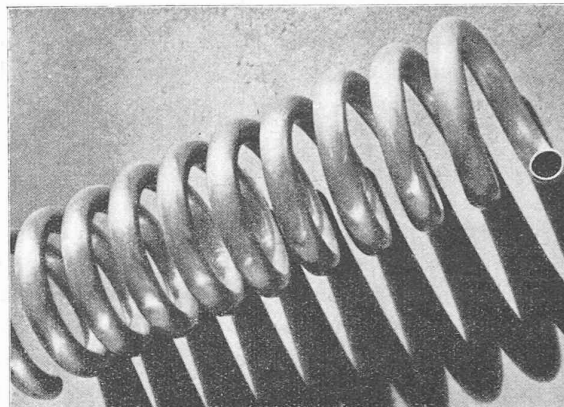


Fig. 11. — Travaux de pliage, serpentins pour l'industrie chimique.

renforcer la corde d'aluminium pur par une âme en acier qui sert de support mécanique, le deuxième à exécuter les lignes aériennes en un alliage spécial, connu sous le nom d'Aldrey qui possède une résistance mécanique comparable à celle du cuivre écroui et une conductivité qui est à peine de 13 % inférieure à celle de l'aluminium pur. (Fig. 12.)

Les comparaisons des longueurs propres de rupture de l'Aldrey et du cuivre font bien apparaître l'avantage du premier pour les lignes aériennes, puisqu'à une longueur de 4,7 km pour le cuivre, l'Aldrey oppose une longueur propre de rupture de 12,3 km.

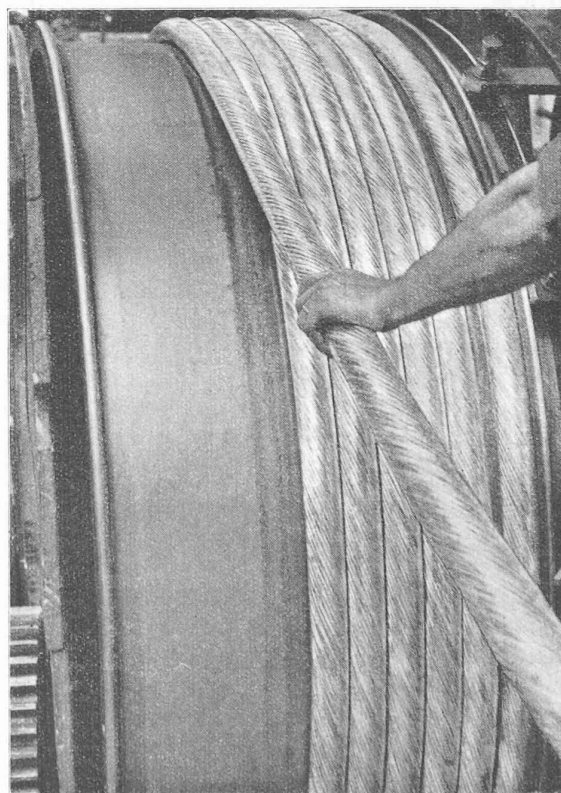


Fig. 12. — Electro-technique. Cordes d'Aldrey pour lignes aériennes.

Dans l'électrotechnique, d'ailleurs, l'aluminium s'est répandu dans presque toutes les branches, que ce soit dans la construction des stations de couplage ou le bobinage des moteurs ou des transformateurs.

* * *

Si l'on veut cependant obtenir les meilleurs résultats possibles avec les alliages légers, il y a lieu de ne pas les considérer simplement comme des substituts provisoires qui disparaîtront après la guerre, autrement dit, il faut avoir constamment présentes à l'esprit les caractéristiques de ce métal qui le prédestinent à certains emplois mais le condamnent aussi pour certaines autres applications.

Le film d'oxyde qui recouvre tout objet en aluminium et l'isole en quelque sorte, proscriera ce métal pour tous les contacts mobiles, frotteurs ou lignes de contact.

Il faut se rappeler également que l'aluminium est un métal électro-négatif et que seuls le zinc, le magnésium et le cadmium le sont plus que lui. Il faudra donc songer, si l'on a des connexions à faire entre un objet en cuivre et un objet en aluminium, qu'un couple électrochimique pourra surgir en présence d'humidité. Dans ce couple, l'humidité fonctionnera comme électrolyte et l'aluminium sera presque toujours le métal attaqué. Il faudra donc protéger ce point de contact ou utiliser des armatures zinguées ou cadmiées.

Il n'y a pas jusqu'à la légèreté de l'aluminium qu'on semble avoir oubliée parfois, puisqu'on a utilisé sur des lignes aériennes des armatures beaucoup trop lourdes qui conviennent au cuivre, mais qui, avec un câble d'aluminium, constituaient autant de points de réflexion qui en cas de vibration entraînaient des ruptures par fatigue.

En résumé, les alliages légers offrent certainement des perspectives étendues à l'industrie, pourvu que l'on prenne la peine d'étudier les caractéristiques et les propriétés de ces alliages avant de s'en servir.

En temps de guerre, la rareté du métal fait de cette obligation un devoir pour chaque industriel. Son étude sera d'ailleurs récompensée par des progrès dont l'effet se fera sentir aussi lorsque nous serons revenu au temps de paix.

DIVERS

Politique et technique.

L'évolution des formes sociales est étroitement solidaire des progrès techniques.

On a vu partout l'esclavage s'effacer devant les progrès du machinisme, et les sociétés féodales s'effondrer lors de l'introduction de la poudre et des pièces d'artillerie. De même, les grands États modernes sont nés des perfectionnements du matériel de guerre et des moyens de circulation, du développement de la science financière et des banques, du système du crédit enfin.

Aujourd'hui, notre monde constitue un seul et même espace économique. Il n'y a plus de distances, il n'y a plus d'obsta-

cles géographiques. Longtemps, les Américains ont pu se croire isolés par les mers, ils doivent maintenant reconnaître que tel n'est plus le cas. Même au travers des glaces et de la nuit polaire du détroit de Behring un trafic important va être établi entre l'Asie et l'Amérique.

Mais les institutions politiques ne suivent qu'avec lenteur la marche des techniques. Certaines formes de gouvernement, certains États, demeurent parfois assez longtemps, comme les témoins d'un autre âge, dans un monde renouvelé. On a vu subsister jusque sous Louis XIV, quelques féodaux qui prétendaient se maintenir en des châteaux forts, avec garnison, et régner sur les bourgades voisines. Il fallut les réduire par les armes.

Ces anachronismes sont le plus souvent cause de troubles.

La vie publique des peuples européens durant les cinquante dernières années offre l'exemple d'un effroyable désordre, né du désaccord entre les conceptions politiques et les conditions techniques modernes.

D'une part, on voit l'idée de nation prendre corps au dix-neuvième siècle, s'amplifier de plus en plus, pour aboutir à une véritable mystique. Il en résulte une religion nouvelle, où les dévotions à la patrie et à ses grands hommes rappellent le culte impérial des Romains. Les nations prétendent se suffire à elles-mêmes. D'autre part, les progrès techniques tendent à internationaliser le monde. C'est la « contradiction du monde moderne » ; contradiction qui le déchire aujourd'hui.

En effet, la vie économique et sociale des Européens a été complètement désorientée par l'opposition de ces tendances, et les dépenses improductives pour les armements augmentèrent encore le désarroi plusieurs années avant la guerre. On voyait, par exemple, le paysan polonais privé de chemise parce que la Pologne n'était pas en mesure d'acheter du coton aux États-Unis ; en revanche le même paysan ne savait où vendre ses pores. L'Amérique brûlait ses blés et ses cafés qui manquaient ailleurs.

Les nationalistes brandissaient périodiquement le spectre de la guerre, et sous cette menace les peuples consentaient à un protectionnisme toujours plus extrême, car chacun sait que pour subir victorieusement l'épreuve d'une guerre, il faut pouvoir subsister presque sans apports de l'extérieur.

* * *

La politique économique de la Suisse illustre cette tendance. Bien que notre sol, de nature pauvre et longtemps couvert de neige, soit inapte à nourrir la population du pays, la majorité des citoyens voulurent maintenir à tout prix une activité agricole importante. Il fallut, pour cela, consentir des sacrifices de plus en plus lourds en faveur de la minorité qui travaille aux champs. Sans doute, bon nombre d'électeurs et même certains députés, ont approuvé cette politique sans en apercevoir nettement les coûteuses répercussions. Cependant on ne saurait admettre qu'un système économique pût être appliqué durant plus d'un demi-siècle avec une rigueur toujours accrue, sans qu'il y ait à cela une raison profonde. Or cette raison, c'est le désir plus ou moins conscient d'échapper à toute dépendance économique, de sauvegarder un nationalisme que menacent les conditions nouvelles créées dans le monde. Le développement technique tendant à effacer les frontières, on cherche à les maintenir artificiellement.

Nous sommes d'ailleurs si habitués aux conditions factices de notre vie, que nous nous étonnons à peine de voir s'établir chez nous des vergers de fruits du midi qu'il faut chauffer au mazout, alors qu'à quelques heures au delà, ces fruits mûri-