

Les alliages d'aluminium et le matériel minier

par J. C. BAILEY,

B. Sc., A. I. M.

Traduit de « The Colliery Guardian » du 10-3-1949

par J. LECOMTE, Ingénieur au Corps des Mines.

RESUME

Après avoir rappelé la classification et les propriétés physiques et mécaniques de l'aluminium et des alliages à base d'aluminium, l'auteur étudie plus en détails celles de ces propriétés qui intéressent spécialement les constructeurs et les utilisateurs de matériel minier. La dernière partie de l'exposé est consacrée à l'étude des applications de l'aluminium à la construction de matériel minier : skips, cages, appareils de transport, appareillage électrique, outils et ventilateurs.

PROPRIETES DE L'ALUMINIUM ET DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Classification.

Il existe deux groupes importants d'alliages à base d'aluminium : les alliages de fonderie et les alliages forgés. Chacun de ces groupes se subdivise en alliages traités thermiquement et en alliages non traités. Les alliages non traités sont obtenus de la même façon que les autres métaux non-ferreux et l'acier doux. Ils présentent une résistance moyenne plutôt faible qui peut être améliorée par écrouissage. Un simple recuit supprime d'ailleurs les effets de cet écrouissage. Mais pour obtenir des alliages plus résistants, qu'ils soient de fonderie ou forgés, il faut les soumettre à un traitement thermique qui augmente leur résistance et leur dureté.

La résistance à la traction du métal pur est de 6 à 8 kg/mm². Celle des alliages non traités atteint 34 kg/mm². Enfin, la résistance à la traction des alliages traités thermiquement va jusqu'à 52 kg/mm².

Traitement thermique.

Le traitement thermique est réalisé en deux ou trois phases :

- On chauffe d'abord l'alliage à une température de 500° C, puis on le trempe, ordinairement à l'eau, ce qui l'adoucit et permet son écrouissage;
- La deuxième phase consiste à laisser l'alliage se durcir pendant quelque temps. La résistance et la dureté augmentent graduellement et atteignent un maximum en quatre ou cinq jours ou plus;
- Pendant la troisième phase, on augmente encore la résistance en chauffant l'alliage à

une température variant de 120° à 200° C. Cette troisième opération n'est pas réalisée dans chaque cas.

Le traitement thermique nécessite des fours et des bains de sels spéciaux. Les alliages sont en général traités avant d'être livrés dans le commerce.

Possibilités de construction.

Dans chaque cas, on peut dire qu'il existe un alliage d'aluminium susceptible de remplacer les différents métaux utilisés dans la construction mécanique.

Propriétés physiques.

Le poids spécifique de l'aluminium et de ses alliages est approximativement égal au tiers de celui de l'acier doux. Ce faible poids spécifique constitue d'ailleurs une des caractéristiques les plus importantes de l'aluminium. La température de fusion est relativement faible. La plus élevée, celle du métal pur, est de 659° C. La conductibilité thermique est égale à la moitié de celle du cuivre. La conductibilité électrique de l'aluminium pur vaut 62 % de celle du cuivre pur recuit (celle de l'acier doux vaut 13 à 17 % de celle du cuivre). Le coefficient de dilatation linéaire est relativement élevé : deux fois celui de l'acier. Enfin, la chaleur spécifique est aussi assez élevée par rapport à celle des autres métaux ordinaires.

Composition chimique et propriétés mécaniques.

Des tableaux détaillés indiquent la composition chimique et les propriétés mécaniques des différents alliages utilisés dans la fabrication de pièces coulées, de tôles et de pièces embouties.

Parmi les alliages de fonderie, on trouve la série des alliages aluminium-silicium dont la fluidité

bien connue à l'état fondu permet de réaliser des pièces de forme compliquée et de faible section et cependant bien résistantes à la corrosion. Certains de ces alliages de fonderie sont toutefois difficiles à couler et ne sont utilisés que pour des fabrications très spéciales. Il en est de même des alliages de fonderie traités thermiquement. Leur utilisation est limitée à des cas spéciaux bien déterminés : pistons, etc... Les propriétés varient d'ailleurs suivant que la coulée se fait en coquille ou au sable. La solidification rapide dans la coulée en coquille favorise la formation de grains fins et donne une résistance, une dureté et une résilience plus élevées que dans la coulée au sable.

La résistance des tôles varie fortement suivant la composition chimique. Tandis que l'aluminium pur a une résistance très faible et une ductilité élevée, les alliages à base de manganèse et de magnésium peuvent encore être travaillés à froid mais sont déjà résistants. De plus les alliages aluminium-magnésium résistent très bien à la corrosion, spécialement des chlorures. On les emploie depuis longtemps dans beaucoup de fabrications. Parmi les alliages traités thermiquement, le duralumin est utilisé depuis près de trente ans. Sa résistance est égale à celle de l'acier doux et il est encore assez ductile. Malheureusement, il résiste mal à la corrosion. On le recouvre souvent d'une couche d'aluminium pur. On obtient de cette façon des tôles résistantes et peu sensibles à la corrosion. Plus récemment, on a fabriqué des alliages à haute résistance à la traction à base de cuivre, de zinc et de magnésium. Leurs applications sont limitées à l'aviation.

La résistance des pièces embouties varie aussi fortement suivant la composition chimique et l'épaisseur des pièces. Les propriétés des pièces embouties sont semblables à celles des tôles.

Comportement sous tension.

Le comportement de tous ces alliages, sous tension, diffère considérablement de celui de l'acier doux. Il n'existe aucun point de limite élastique sur le diagramme tension-déformation. On a dû définir une limite théorique pour remplacer le point de limite élastique. Le module d'élasticité est égal au tiers de celui de l'acier, soit 7.000 kg/mm^2 ; le module de torsion vaut 2.670 kg/mm^2 . A cause du faible module d'élasticité, on doit augmenter le moment d'inertie des sections.

La résistance à la compression est difficile à déterminer; il semble qu'elle soit légèrement supérieure à la résistance à la traction.

La courbe de la résistance à la fatigue des alliages d'aluminium est en général semblable à celle des autres métaux non-ferreux. Elle diffère de celle de l'acier doux parce qu'elle ne devient jamais asymptotique, même après de nombreux changements de sens des efforts.

Dénominations adoptées.

La dénomination actuellement adoptée des différents alliages est pratique mais trop concise pour l'utilisation étendue qu'on en fait en ce moment.

PROPRIETES SPECIALES DE L'ALUMINIUM INTERESSANT LE MATERIEL MINIER

Durabilité.

La résistance des alliages d'aluminium aux attaques des agents atmosphériques est bien connue : leur résistance à la corrosion est en effet plus élevée que celle de l'acier à la rouille. Contrairement à ce qui se passe dans le phénomène de la rouille de l'acier, la corrosion d'un alliage d'aluminium ne se poursuit pas de façon continue. Cette durabilité est due à ce qu'une pellicule d'oxyde se forme immédiatement sur une surface fraîche d'aluminium exposée à l'air et cette pellicule devient petit à petit une couche résistante, adhérente et continue. Elle est chimiquement stable et possède la propriété intéressante de se régénérer, car le métal mis à nu se réoxyde immédiatement si la pellicule vient à être rompue.

En additionnant d'autres éléments au métal pur pour former des alliages, on modifie quelque peu le caractère uniforme de la pellicule d'oxyde. La durabilité des alliages est alors parfois inférieure à celle du métal pur. L'addition de cuivre à des alliages forgés, par exemple, les rend moins résistants à la corrosion et si l'on ne prend pas les précautions nécessaires, la résistance mécanique peut en être gravement affectée. Dans la mine, les phénomènes de corrosion sont toujours intenses et les alliages à base de cuivre tels que le HS 14 et le HS 15 ne conviennent pas, surtout si les pièces sont soumises à des tensions. D'autre part, l'addition de magnésium, constituant important tant dans les alliages de fonderie que dans les alliages forgés, ne diminue pas la résistance à la corrosion; des alliages tels que le NS 4, NS 6 et NS 7 ou le LM 5 et le LM 10 sont spécialement à recommander là où la corrosion est importante. Les alliages non traités thermiquement sont généralement moins sujets à la corrosion que les alliages traités thermiquement; et parmi ceux-ci, ceux qui ont subi le traitement complet sont plus sujets à la corrosion que ceux dont le traitement thermique a été arrêté à la deuxième phase. Les alliages à haute résistance traités thermiquement et servant à la fabrication de tôles, tels que le HS 14, le HS 15 et le AW 16, peuvent être rendus moins sujets à corrosion; il suffit de recouvrir les deux faces des tôles d'une couche d'aluminium pur. Ces tôles peuvent alors être utilisées dans des atmosphères très corrosives, car on peut maintenant protéger même les bords des tôles et les endroits où l'aluminium pur a pu accidentellement être enlevé.

Les eaux de mine.

Dans 170 mines de Grande-Bretagne, on a soigneusement étudié la nature des eaux et leurs effets corrosifs sur les alliages d'aluminium. Il a été clairement établi que, dans la plupart des cas, les sels, acides ou bases dissous n'étaient pas suffisamment concentrés ou suffisamment corrosifs pour attaquer sérieusement l'aluminium et le rendre inutilisable dans les travaux miniers.

La plupart de ces eaux de mine examinées étaient alcalines, mais cette alcalinité était si peu pro-

noncée qu'elle ne pouvait seule être une cause de corrosion de l'aluminium. La concentration des chlorures et des autres radicaux acides n'était pas non plus très dangereuse. D'autre part, environ 12 % des eaux examinées ont été reconnues fortement acides et il a été établi qu'elles attaquaient l'aluminium si on ne prenait pas des précautions pour le protéger.

En résumé, les alliages d'aluminium peuvent être employés dans la plupart des mines et l'expérience acquise à ce sujet en Amérique confirme cette opinion. Cependant, là où l'on envisage l'utilisation de l'aluminium pour des pièces importantes comme les skips ou les cages, il est à conseiller de procéder à des essais sur place, particulièrement dans les mines humides. On peut fixer quelques échantillons de différents alliages à une cage ou à un skip, ou les placer dans le fond et examiner leur comportement pendant une période d'essai aussi longue que possible. Cette méthode a été pratiquée en Allemagne et au Canada où l'aluminium est très utilisé. Elle peut donner des renseignements précis et objectifs à l'ingénieur. Il convient d'ailleurs de rappeler qu'en l'absence d'eaux, les risques de corrosion sérieuse sont négligeables et on peut alors utiliser les alliages traités thermiquement à haute résistance.

Corrosion électrolytique.

On signale souvent que l'aluminium est très sujet à la corrosion électrolytique ou galvanique, lorsqu'il est en contact humide avec de l'acier ou des alliages de cuivre. Le potentiel électrolytique de l'aluminium est plus faible que celui de ces métaux; cette particularité donne naissance à un courant galvanique et provoque l'attaque chimique de l'aluminium. La différence entre le potentiel de l'aluminium et de ses alliages et le potentiel des métaux ferreux est relativement faible; on ne doit pas s'attendre à une attaque importante. Par contre, la différence entre le potentiel de l'aluminium et celui du cuivre est beaucoup plus élevée; on doit s'attendre à ce que la corrosion soit plus fréquente et plus étendue entre ces deux métaux et entre leurs alliages.

En réalité, cette forme de corrosion reste très limitée et peut difficilement être prévue à cause de l'influence déterminante de beaucoup d'autres facteurs : le degré d'humidité au point de contact, les dimensions relatives des surfaces des deux métaux en contact, leur forme, la présence et la nature de substances corrosives dissoutes dans l'air humide ou dans l'eau, l'intensité du courant galvanique et l'extension de la zone effectivement protégée par une pellicule d'oxyde qui isole les deux métaux l'un de l'autre.

On peut combattre efficacement la corrosion électrolytique par différents moyens, par exemple par interposition de joints en fibre ou tout autre produit isolant entre les deux métaux, par peinture isolante et de bonne qualité des différentes pièces avant l'assemblage, par la peinture après assemblage pour enlever toute l'humidité des joints ou enfin par revêtement électrolytique des pièces en

acier ou en alliage de cuivre avec du zinc, de l'étain ou du cadmium. Il est cependant à conseiller d'éviter l'utilisation d'alliages à base de cuivre; les écrous et boulons en acier qui seraient employés seront préalablement galvanisés si l'on prévoit que la corrosion sera importante.

Faible poids.

Le faible poids des alliages d'aluminium constitue probablement leur qualité la plus remarquable. On se rendra mieux compte de l'importance que présente cette réduction du poids dans la dernière partie de cet article où sont décrites des applications très réussies de l'aluminium au matériel minier. L'augmentation du rendement et l'amélioration dans l'organisation du travail découlant de cette réduction de poids apparaissent bien avec toute leur importance dans le problème du matériel de transport tel que skips, cages, wagonnets, berlines, dans la construction des machines et du matériel appelés à être déplacés fréquemment dans un espace réduit.

Résistance à l'abrasion.

L'aluminium et ses alliages présentent une surface assez tendre. On ne doit donc pas s'attendre à ce que leur résistance à l'abrasion soit très élevée. Il y a cependant des exceptions. Les pièces des skips et des cages en aluminium soumises à une forte abrasion sont souvent protégées par des plaques d'acier ou même par des plaques d'aluminium remplaçables. D'autre part, certains des alliages les plus durs tels que le HS 15 et le NS 7 offrent déjà une très bonne résistance à l'abrasion. Un wagonnet à charbon basculant, dont la caisse est construite en alliage HS 15 et qui a été utilisé tous les jours pendant treize ans, a été récemment examiné. Le fond de la caisse ne présente aucun signe marquant d'abrasion.

Par contre, quelques augets de convoyeur en alliage HC 15 ont été usés complètement en six mois de service dans des conditions sévères d'utilisation. Le degré d'usure était plusieurs fois plus élevé que celui des augets ordinaires en acier. Du matériel de criblage fabriqué en alliage NS 6 et NS 7 et utilisé tant pour le criblage du charbon sec que pour le lavage à l'eau, s'est avéré au moins aussi résistant que du matériel en acier.

Ces quelques exemples montrent bien que le comportement des alliages d'aluminium soumis à abrasion est difficile à prévoir et n'est pas toujours plus mauvais que celui de l'acier. Il s'ensuit que, dans le cas particulier où l'on désire utiliser l'aluminium pour la construction de matériel soumis à abrasion, il convient de faire quelques essais.

Conductibilité électrique.

Parmi les métaux ordinaires, l'aluminium a une conductibilité électrique voisine de celle du cuivre. Elle vaut 62 % de celle du cuivre recuit. Un câble en aluminium de même conductibilité qu'un câble en cuivre aura un diamètre 1,28 fois plus grand et pèsera tout au plus la moitié du poids du câble en cuivre; au prix courant, il coûtera moins qu'un câble

noncée qu'elle ne pouvait seule être une cause de corrosion de l'aluminium. La concentration des chlorures et des autres radicaux acides n'était pas non plus très dangereuse. D'autre part, environ 12 % des eaux examinées ont été reconnues fortement acides et il a été établi qu'elles attaquaient l'aluminium si on ne prenait pas des précautions pour le protéger.

En résumé, les alliages d'aluminium peuvent être employés dans la plupart des mines et l'expérience acquise à ce sujet en Amérique confirme cette opinion. Cependant, là où l'on envisage l'utilisation de l'aluminium pour des pièces importantes comme les skips ou les cages, il est à conseiller de procéder à des essais sur place, particulièrement dans les mines humides. On peut fixer quelques échantillons de différents alliages à une cage ou à un skip, ou les placer dans le fond et examiner leur comportement pendant une période d'essai aussi longue que possible. Cette méthode a été pratiquée en Allemagne et au Canada où l'aluminium est très utilisé. Elle peut donner des renseignements précis et objectifs à l'ingénieur. Il convient d'ailleurs de rappeler qu'en l'absence d'eaux, les risques de corrosion sérieuse sont négligeables et on peut alors utiliser les alliages traités thermiquement à haute résistance.

Corrosion électrolytique.

On signale souvent que l'aluminium est très sujet à la corrosion électrolytique ou galvanique, lorsqu'il est en contact humide avec de l'acier ou des alliages de cuivre. Le potentiel électrolytique de l'aluminium est plus faible que celui de ces métaux; cette particularité donne naissance à un courant galvanique et provoque l'attaque chimique de l'aluminium. La différence entre le potentiel de l'aluminium et de ses alliages et le potentiel des métaux ferreux est relativement faible; on ne doit pas s'attendre à une attaque importante. Par contre, la différence entre le potentiel de l'aluminium et celui du cuivre est beaucoup plus élevée; on doit s'attendre à ce que la corrosion soit plus fréquente et plus étendue entre ces deux métaux et entre leurs alliages.

En réalité, cette forme de corrosion reste très limitée et peut difficilement être prévue à cause de l'influence déterminante de beaucoup d'autres facteurs : le degré d'humidité au point de contact, les dimensions relatives des surfaces des deux métaux en contact, leur forme, la présence et la nature de substances corrosives dissoutes dans l'air humide ou dans l'eau, l'intensité du courant galvanique et l'extension de la zone effectivement protégée par une pellicule d'oxyde qui isole les deux métaux l'un de l'autre.

On peut combattre efficacement la corrosion électrolytique par différents moyens, par exemple par interposition de joints en fibre ou tout autre produit isolant entre les deux métaux, par peinture isolante et de bonne qualité des différentes pièces avant l'assemblage, par la peinture après assemblage pour enlever toute l'humidité des joints ou enfin par revêtement électrolytique des pièces en

acier ou en alliage de cuivre avec du zinc, de l'étain ou du cadmium. Il est cependant à conseiller d'éviter l'utilisation d'alliages à base de cuivre; les écrous et boulons en acier qui seraient employés seront préalablement galvanisés si l'on prévoit que la corrosion sera importante.

Faible poids.

Le faible poids des alliages d'aluminium constitue probablement leur qualité la plus remarquable. On se rendra mieux compte de l'importance que présente cette réduction du poids dans la dernière partie de cet article où sont décrites des applications très réussies de l'aluminium au matériel minier. L'augmentation du rendement et l'amélioration dans l'organisation du travail découlant de cette réduction de poids apparaissent bien avec toute leur importance dans le problème du matériel de transport tel que skips, cages, wagonnets, berlines, dans la construction des machines et du matériel appelés à être déplacés fréquemment dans un espace réduit.

Résistance à l'abrasion.

L'aluminium et ses alliages présentent une surface assez tendre. On ne doit donc pas s'attendre à ce que leur résistance à l'abrasion soit très élevée. Il y a cependant des exceptions. Les pièces des skips et des cages en aluminium soumises à une forte abrasion sont souvent protégées par des plaques d'acier ou même par des plaques d'aluminium remplaçables. D'autre part, certains des alliages les plus durs tels que le HS 15 et le NS 7 offrent déjà une très bonne résistance à l'abrasion. Un wagonnet à charbon basculant, dont la caisse est construite en alliage HS 15 et qui a été utilisé tous les jours pendant treize ans, a été récemment examiné. Le fond de la caisse ne présente aucun signe marquant d'abrasion.

Par contre, quelques augets de convoyeur en alliage HC 15 ont été usés complètement en six mois de service dans des conditions sévères d'utilisation. Le degré d'usure était plusieurs fois plus élevé que celui des augets ordinaires en acier. Du matériel de criblage fabriqué en alliage NS 6 et NS 7 et utilisé tant pour le criblage du charbon sec que pour le lavage à l'eau, s'est avéré au moins aussi résistant que du matériel en acier.

Ces quelques exemples montrent bien que le comportement des alliages d'aluminium soumis à abrasion est difficile à prévoir et n'est pas toujours plus mauvais que celui de l'acier. Il s'ensuit que, dans le cas particulier où l'on désire utiliser l'aluminium pour la construction de matériel soumis à abrasion, il convient de faire quelques essais.

Conductibilité électrique.

Parmi les métaux ordinaires, l'aluminium a une conductibilité électrique voisine de celle du cuivre. Elle vaut 62 % de celle du cuivre recuit. Un câble en aluminium de même conductibilité qu'un câble en cuivre aura un diamètre 1,28 fois plus grand et pèsera tout au plus la moitié du poids du câble en cuivre; au prix courant, il coûtera moins qu'un câble

en cuivre. Grâce à ces propriétés, l'aluminium convient très bien pour la construction de conducteurs et d'appareils électriques.

La conductibilité des divers alliages varie suivant la nature des éléments d'addition, mais en général elle reste élevée. Cette propriété est précieuse parce qu'elle permet d'assurer une bonne mise à la terre de pièces enfermées dans des coffrets en alliage d'aluminium.

L'aluminium est un métal non magnétique et est utilisé de ce fait dans certains appareillages électriques ordinaires, tant dans la mine que dans d'autres domaines. Il ne produit pas non plus d'étincelles sous un choc et cette propriété est un avantage décisif en ce qui concerne le matériel de mine. L'absence d'étincelles sous le choc a encouragé l'utilisation des alliages d'aluminium pour la fabrication de pelles. On allie ainsi la sécurité à la légèreté, ce que les mineurs estiment beaucoup.

APPLICATIONS DES ALLIAGES D'ALUMINIUM AU MATERIEL DE MINE

L'exemple le plus ancien qu'on connaisse d'utilisation d'alliages légers pour la construction de matériel minier date de 1927 : en Westphalie du Nord, des tôles en métal léger ont été employées pour la construction d'une cage. En 1928, quatre cages en métal léger ont été installées dans un nouveau puits de la Westphalie du Sud. Chaque cage pesait 3,8 tonnes alors que la même cage en acier aurait pesé 6,9 tonnes; elle permettait de transporter 5,5 tonnes de charbon.

En Grande-Bretagne, l'emploi de ces alliages n'a pas été si fréquent que sur le continent. Jusqu'avant la dernière guerre, on n'accordait aucune attention à leurs possibilités d'utilisation pour la construction de pièces importantes du matériel de mine. Au cours des quelques dernières années cependant, quelques expériences ont été réalisées : skips, cages, wagonnets, éléments de convoyeurs, coffrets pour appareils électriques et de nombreux outils. On possède maintenant suffisamment de renseignements techniques permettant d'envisager de nouvelles réalisations et de se rendre compte du comportement des différents alliages dans les conditions spéciales de la mine.

Skips et cages.

En utilisant des alliages d'aluminium au lieu de l'acier pour la construction de certaines parties des cages ou des skips (parties secondaires du châssis, garnitures, portes, etc...), on peut réduire le poids total de 20 à 40 %. En allant plus loin et en réalisant toute la construction en aluminium, on peut réduire le poids mort de 50 % sans que la résistance soit diminuée. Les avantages de cette construction sont les suivants :

- 1) Charge utile plus grande pour le même poids total;
- 2) Puissance consommée moindre à l'extraction;
- 3) Câble de diamètre plus petit pour la même profondeur d'extraction;

- 4) Coefficient de sécurité plus élevé pour un câble existant;
- 5) Lorsqu'un puits doit être approfondi, il est possible d'éviter l'installation d'une machine d'extraction plus puissante et de réduire les frais d'extraction qui augmentent rapidement quand l'approfondissement est assez important.

Il convient de noter que la tendance actuelle est à l'extraction par le système Koepe. L'économie résultant d'une construction plus légère des skips utilisés dans ce système peut encore être plus substantielle.

Les plans des cages de mine sont restés les mêmes pendant une longue période. On peut encore réduire le poids en recalculant ces cages pour la construction en alliages d'aluminium plutôt que de simplement substituer l'aluminium à l'acier dans des cages calculées pour la construction en acier.

Dix-sept ans d'expérience dans les mines métalliques d'Afrique du Sud, où l'on utilise de nombreux skips et cages à plusieurs paliers construits en acier et en alliages d'aluminium, ont montré que ces alliages résistent de façon satisfaisante à la corrosion et que leur durée est comparable dans beaucoup de cas à celle de l'acier, quand elle n'est pas plus longue.

En 1945, les skips et les cages construits en alliages d'aluminium et utilisés dans les mines d'or de l'Ontario ont été soumis à un examen spécial. Parmi plus de cent installations placées de 1934 à 1958, 47 ont été examinées. La plupart de ces cages étaient construites en alliages se rapprochant du HS 15; les différentes pièces avaient la même épaisseur que celle des cages construites en acier; l'assemblage était réalisé par rivets en acier placés à chaud; des garnitures en acier étaient prévues là où le frottement était important. Les conditions d'utilisation étaient très variables suivant la nature des eaux de la mine, mais aussi suivant la façon dont ces cages et skips étaient entretenus au cours du service. Beaucoup de ces installations étaient toujours en service après dix ans et l'examen a montré qu'un entretien régulier et convenable était largement compensé par une durée beaucoup plus longue. Dans les cas où les conditions de corrosion étaient les plus sévères, l'attaque était peu évidente. Ce n'est que dans un seul cas qu'on a trouvé de la corrosion intercrystalline. Il a été démontré qu'une couche de peinture annuelle est nécessaire pour assurer un entretien convenable.

Un examen similaire effectué sur un certain nombre de cages en Allemagne en 1927 a donné les mêmes conclusions que celui effectué au Canada. En Grande-Bretagne, plusieurs cages expérimentales sont actuellement en service. Elles sont construites en aluminium et en acier. L'alliage utilisé est le NS 4 ou le HS 10. On a donné la préférence à un alliage de plus faible résistance mécanique mais dont la résistance à la corrosion est élevée. Un skip de 4 tonnes est utilisé depuis deux ans dans un puits humide de la mine Bickershaw. Depuis lors, d'autres unités ont été commandées ce qui montre bien qu'on en est satisfait.

Transport souterrain.

Plusieurs wagonnets construits en alliages d'aluminium ont été mis à l'essai dans des conditions normales de service. Les résultats satisfaisants obtenus ont conduit les expérimentateurs à employer l'aluminium pour la construction de nouveaux wagonnets. Un des plus récents est un wagonnet d'une capacité de 1.250 kg, construit en pièces embouties en alliage HS 15 avec les fonds et les côtés en alliage HC 15 rivés au châssis. Les tôles sont un peu plus épaisses que dans les wagonnets construits en acier. Les essieux, les étriers de fixation des essieux, les butoirs et les chaînes d'attelage sont aussi en aluminium forgé ou coulé suivant le cas. Le wagonnet tout équipé pèse 250 kg. Un wagonnet semblable en acier pèserait 675 kg. Chargé, le poids total est de 1.500 kg contre 1.925 kg dans le cas du wagonnet en acier. Une rame de 38 wagonnets de ce type peut donc être traînée avec la même puissance que celle qui est nécessaire pour traîner une rame de 30 wagonnets en acier. L'avantage dû à la diminution du poids mort apparaît encore plus intéressant dans le cas où l'extraction se fait par cages.

Après les essais réussis de ce type de wagonnet, d'autres ont été fabriqués et l'aluminium est intervenu dans la construction de wagons de plus grande capacité. Ce sont évidemment la caisse et les essieux qui ont d'abord été construits en aluminium, mais devant le succès rencontré on en est vite arrivé à la construction d'un véhicule tout en aluminium.

Le faible module d'élasticité de l'aluminium le rend capable de mieux absorber les chocs et cet avantage est très important dans le cas des wagonnets qui sont soumis à de nombreux chocs. Le wagonnet de 1.250 kg cité ci-dessus s'est très bien comporté à ce point de vue, bien qu'il se soit trouvé placé dans une rame de wagonnets en acier. Les dégâts étaient moindres que d'ordinaire : la plupart des tensions locales ont été absorbées élastiquement.

Un autre avantage de la construction des wagonnets en aluminium provient de ce qu'on a tendance actuellement à augmenter leur capacité. La manipulation de ces véhicules est facilitée par une construction plus légère. En réalité ces wagonnets de grande capacité sont déjà en cours de fabrication. La construction de convoyeurs de taille en aluminium présente peu d'avantages. Dans certains cas cependant, la diminution de poids des installations peut devenir intéressante lors du changement d'une havée à l'autre. Différentes pièces des convoyeurs ont déjà été réalisées en aluminium coulé.

Quelques couloirs oscillants ont été construits et essayés en Allemagne et en Angleterre. Les résultats de ces essais montrent que, si la construction en alliage d'aluminium facilite la manipulation de ces pièces lourdes et encombrantes, leur durée n'est pas suffisamment longue pour justifier leur utilisation. Il est certes possible d'alléger les couloirs oscillants en les construisant en partie en acier et en partie en aluminium; l'acier doit cepen-

dant être réservé aux parties soumises à un frottement intense.

Transport en surface.

La construction des godets des transporteurs aériens peut être réalisée presque entièrement en alliages légers. Les avantages qui résultent ainsi de la diminution de 50 % du poids sont bien connus.

On a construit un wagon à charbon dont les parois et le fond étaient réalisés en alliage HC 15. Il a été examiné après avoir transporté du charbon pendant dix-huit mois. On n'a constaté aucune dégradation par corrosion, par abrasion ou par dommages mécaniques. Les mêmes résultats favorables ont été obtenus pour de semblables wagons aux Etats-Unis et sur le continent.

Étançons.

Les alliages d'aluminium sont certes suffisamment résistants pour supporter les compressions élevées auxquelles les étançons sont soumis. Cependant, malgré les avantages de cette résistance combinée à la légèreté, certaines considérations l'ont emporté pour empêcher cette construction des étançons en alliages d'aluminium. En effet, la durée des étançons est relativement courte (un an) et comme la construction en aluminium coûte assez cher, les frais d'exploitation seraient trop élevés.

La construction d'étançons spéciaux est cependant plus intéressante, par exemple les vérins à vis destinés à être manipulés constamment à front de taille. Il a été montré qu'un vérin de ce type construit en alliage H 15 était intéressant. Lors d'un essai effectué par S.M.R.B., il a résisté à une charge de 59.4 tonnes, à sa longueur maximum. Voici quelques détails de sa construction : longueur du tube : 1,20 m; diamètre 85,7 mm; longueur minimum : 1,36 m; longueur maximum : 1,70 m; écrou en acier : tête de 150 mm de diamètre pivotant sur une bille en acier; poids total : 13.770 kg.

Quelques étançons d'ancrage expérimentaux en alliage traité thermiquement ont été mis en service dans une mine du Pays de Galles et se sont révélés avantageux.

Appareillage électrique.

Les appareils électriques antidéflagrants doivent être protégés par des enveloppes solidement construites. L'allègement obtenu par l'utilisation des alliages d'aluminium coulés a pleinement justifié leur adoption dans ce cas. Depuis plusieurs années, on utilise des enveloppes en alliages légers de fonderie placées dans des voies de mines et elles ont donné entièrement satisfaction dans les conditions normales de service. Elles ont été conçues de façon à satisfaire aux prescriptions du BS 229 au sujet des enveloppes antidéflagrantes.

Grâce à la conductibilité élevée de l'aluminium pur, on utilise de nombreux câbles en aluminium. Les avantages de l'emploi de l'aluminium sont réels à cause du poids élevé des câbles en cuivre isolés ordinaires, spécialement dans le cas des câbles flexibles traînés. Des conducteurs nus en aluminium

tels que des fils de trolley peuvent être avantageusement établis dans le cas où l'on envisagerait la traction électrique souterraine dans les mines qui se prêtent à ce moyen de transport.

L'emploi de l'aluminium pour câbles isolés ne s'est pas répandu rapidement. Cependant, le prix de revient est probablement moindre si l'on considère le prix du cuivre et de l'aluminium et leur conductibilité. Les câbles flexibles trainés seront d'un poids moindre, non seulement parce que les conducteurs sont en aluminium, mais aussi parce que l'armature extérieure peut également être construite en alliage d'aluminium; ce procédé est utilisé de plus en plus pour la protection des câbles dans d'autres domaines de la technique.

Outils.

La fabrication d'outils légers qui réduisent la fatigue physique s'est développée rapidement et on utilise maintenant les alliages d'aluminium pour la construction de pièces telles que : matériel de forage, sylvester et autre matériel devant être manipulés. Depuis peu, on construit des pelles en alliage d'aluminium à haute résistance traité thermiquement. Elles résistent très bien à l'abrasion. Le stade

expérimental est d'ailleurs dépassé et on utilise régulièrement ces pelles.

Matériel de ventilation.

Depuis plusieurs années, on construit du matériel de ventilation en alliage d'aluminium : hélices et aubes, enveloppes et conduits. Récemment, un compresseur d'air dont le corps était construit en alliage d'aluminium a été réalisé parce que son faible poids permettait de le déplacer très facilement.

Du bref aperçu de ces diverses applications et de ce que toutes les observations faites au sujet de leur comportement dans la mine nous ont appris, on peut tirer la conclusion suivante : il y a avantage à employer les alliages d'aluminium là où l'augmentation du coût du matériel qui en résulte est justifiée par la diminution de poids combinée, soit à la résistance, soit à la durabilité, soit à la conductibilité électrique élevée. Cela semble être le cas principalement dans le matériel de transport, dans certain matériel électrique et dans les petites pièces dont l'emploi provoque de la fatigue physique. Dans ces trois cas, il a été prouvé que l'emploi d'alliages d'aluminium est une source d'économie, de meilleur rendement et de production plus élevée.

SAMENVATTING

Na de classificatie en de fysische en mechanische eigenschappen van aluminium en zijn legeringen in herinnering te hebben gebracht, bestudeert de auteur in detail de eigenschappen die meer bepaald de aandacht gaande maken van de constructeurs en de gebruikers van mijnmaterieel.

Het laatste deel van de uiteenzetting is gewijd aan de studie van de toepassingsmogelijkheden van aluminium in de constructie van dit mijnmaterieel, zoals skips, kooien, vervoeringrichtingen, elektrische uitrusting, werktuigen en ventilatoren.
