



Le zinc : la réponse actuelle aux défis de l'ingénierie

Améliorez votre produit et la réputation de votre marque en choisissant le zinc moulé sous pression pour une liberté de conception et une précision optimales.





Les pièces en alliage de zinc injectées sous pression peuvent être simples, épurées et élégantes, comme elles peuvent être aussi incroyablement sophistiquées dans leur fonction ou leur complexité géométrique.

Les Avantages des Alliages de Zinc

Les alliages de zinc sont des matériaux techniques solides, durables et économiques. Aucun autre type d'alliage n'offre une telle combinaison de résistance, dureté, rigidité, performances de résistance aux frottements et coût de moulage. Les propriétés mécaniques du zinc sont équivalentes et même souvent supérieures à celles de l'aluminium, du magnésium, du bronze et des matières plastiques moulés, ainsi qu'à la plupart des fontes. Ces caractéristiques, ainsi que les possibilités de finition supérieures et la multiplicité des procédés de moulage disponibles font des alliages de zinc un matériau rapide à travailler et économique.

Le nombre d'opérations d'assemblage nécessaires est réduit. Des ensembles entiers peuvent être moulés en une seule unité, ce qui permet d'éviter de coûteuses opérations d'assemblage manuelles.

La quantité de matériau requise est moindre. La coulabilité supérieure du zinc, sa résistance et sa rigidité permettent la conception de pièces minces pour un poids réduit et des économies sur le coût du matériau.

Le nombre d'opérations d'usinage nécessaires est réduit. Les alliages de zinc permettent une mise en forme proche des dimensions finales et éliminent ainsi les opérations d'usinage ou en limitent le nombre de manière significative.

Une production plus rapide et des outils plus durables. La production de pièces moulées sous pression est bien plus rapide avec le zinc qu'avec l'aluminium ou le magnésium. Par ailleurs, les moules permettent souvent de produire plus d'un million de pièces, ce qui réduit considérablement les frais liés à l'outillage et à l'utilisation des machines.

Éliminer les roulements et les douilles. Les excellentes propriétés de résistance aux frottements et à l'usure du zinc permettent une plus grande souplesse de conception et réduisent les coûts de fabrication secondaires en éliminant l'ajout de douilles et les inserts d'usure.

Production faible, intermédiaire ou importante : le choix vous appartient. Divers procédés de moulage permettent une fabrication à bas coût, quels que soient la taille des pièces et leur nombre.

Finition de surface. Il est possible de bénéficier de quasiment toutes les caractéristiques esthétiques ou de durabilité en choisissant le revêtement et la finition appropriés.

Respect de la planète. Les alliages de zinc permettent une production moins polluante et moins émettrice de gaz à effet de serre.



Des alliages adaptés à vos besoins: Alliages généraux et spécialisés.

Il existe deux familles d'alliages de zinc utilisés pour le moulage. Les alliages conventionnels dits ZAMAK sont généralement nommés selon leur ordre de création. On trouve ainsi l'alliage 2, l'alliage 3, l'alliage 5 et l'alliage 7. Le dernier arrivé dans la famille ZAMAK est l'alliage « HF », pour haute fluidité. Les alliages de zinc contenant davantage d'aluminium que les alliages conventionnels sont désignés par le préfixe ZA, suivi de leur teneur approximative en aluminium. On trouve ainsi ZA-8, ZA-12 et ZA-27. Les alliages ZA offrent une résistance plus élevée et des propriétés de résistance aux frottements très intéressantes.

Il existe plusieurs systèmes de dénomination de ces deux types d'alliage de zinc. Ces systèmes ont évolué avec ces alliages, et les différents noms utilisés sont indiqués entre parenthèses.

Caractéristiques principales des alliages

Alliage 3: (ZAMAK 3, ZP3, ZL3, ZP0400, ZnAl4, ZDC2)
L'alliage 3 est l'alliage de zinc le plus largement utilisé en Amérique du Nord. Sa popularité est due à un excellent équilibre entre les propriétés physiques et mécaniques recherchées, sa coulabilité de premier ordre et sa stabilité dimensionnelle à long terme. Il offre également d'excellentes caractéristiques de finition pour le placage, la peinture et la conversion chimique au chrome. Il s'agit de la « référence » par rapport à laquelle sont évalués les autres alliages de zinc du point de vue du moulage sous pression.

Alliage 5: (ZAMAK 5, ZP5, ZL5, ZP0410, ZnAl4Cu1, ZDC1)
L'alliage 5 est l'alliage de zinc le plus largement utilisé en Europe. Il présente d'excellentes caractéristiques de coulabilité et une résistance au fluage supérieure à celle de l'alliage 3. Les pièces moulées en alliage 5 sont aussi légèrement plus solides et dures que celles en alliage 3. Toutefois, ces améliorations s'accompagnent d'une réduction de la ductilité qui peut nuire au formage lors des opérations secondaires de cintrage, rivetage, martelage ou sertissage. Cette évolution des propriétés de l'alliage est due à l'ajout de 1 % de cuivre. L'alliage 5 est recommandé lorsqu'une élasticité supérieure est requise. Le placage, l'application d'une finition et l'usinage de cet alliage sont par ailleurs aussi simples qu'avec l'alliage 3.

Alliage 7: (ZAMAK 7, ZL7)

L'alliage 7 est une modification de l'alliage 3 contenant moins de magnésium et présentant une tolérance moindre aux impuretés. Ces modifications se traduisent par une coulabilité, une ductilité et une finition extérieure améliorées, ce qui en fait l'alliage de choix pour les pièces min-

es nécessitant une bonne finition de surface. Toutefois, plusieurs nouveaux alliages haute fluidité présentant des caractéristiques optimisant la fabrication de pièces minces ont récemment été mis au point (voir Alliage haute fluidité).

Alliage 2: (ZAMAK 2, ZP2, ZL2, ZP0430, ZnAl4Cu3, Kirksite) L'alliage 2 constitue l'alliage de zinc classique dont la résistance et la dureté sont les plus élevées. Sa forte teneur en cuivre (3 %) se traduit par des modifications de ses propriétés à long terme. On peut ainsi noter une légère croissance dimensionnelle, une elongation inférieure et une résistance réduite aux chocs (à des niveaux semblables à ceux des alliages d'aluminium) des produits moulés sous pression dans cet alliage. L'alliage 2 propose une excellente coulabilité et maintient des niveaux supérieurs de résistance et de dureté à long terme. Son excellent comportement aux frottements peut permettre d'éliminer des douilles, des roulements, des glissières ou des inserts d'usure dans les systèmes mécaniques, et donc de les simplifier.

Alliage haute fluidité: (HF)

L'alliage HF partage les caractéristiques mécaniques, de conductivité électrique et de conductivité thermique des alliages conventionnels, mais possède une fluidité jusqu'à 40 % supérieure. En raison de sa composition optimisée pour la fluidité, cet alliage convient principalement au moulage de pièces dont l'épaisseur de coupe est inférieure à 0,45 mm. Il peut également être utilisé pour les pièces difficiles à remplir avec les alliages 3, 5 ou 7 ou qui présentent des exigences élevées en matière de finition de surface.





ZA-8: (ZP8)

L'alliage ZA-8 est adapté au moulage par gravité et au moulage sous pression en chambre chaude. Son placage et sa finition peuvent être réalisés très simplement à l'aide des procédures utilisées avec les alliages de zinc traditionnels. Lorsque les performances des alliages 3 ou 5 sont jugées insuffisantes, le ZA-8 est souvent utilisé en raison de sa dureté et de sa résistance au fluage, ainsi que de sa coulabilité en chambre chaude.

ZA-12:

Le ZA-12 est l'alliage le plus adapté au moulage par gravité dans les moules de sable, les moules permanents et les moules en graphite. C'est aussi un bon alliage de moulage sous pression en chambre froide. Le ZA-12 concurrence souvent le ZA-27 pour les applications de résistance. Excellent alliage pour les roulements, le ZA-12 peut également être plaqué, bien que l'adhérence du placage soit inférieure à celle des alliages de zinc classiques.

ZA-27: (ZP27)

Il s'agit d'un alliage exceptionnellement résistant avec une limite d'élasticité de 380 MPa. Léger, il offre une excellente résistance aux frottements et à l'usure. Comme le ZA-12, il s'agit d'un alliage conçu pour le moulage sous pression en chambre froide et des précautions particulières sont nécessaires pour assurer un moulage efficace. Le ZA-27 n'est pas recommandé pour le placage. Le ZA-27 brille particulièrement lorsqu'une résistance élevée à l'usure et à la force brute est nécessaire.

ACuZinc5:

Développé par General Motors, cet alliage propose une résistance à la traction, une dureté et une résistance au fluage supérieures à celles des alliages de zinc classiques. Les propriétés de résistance et de dureté de l'ACuZinc5 sont comparables à celles du ZA-12. Des tests ont également montré que l'ACuZinc5 dispose d'une excellente résistance à l'usure. Bien que cet alliage soit conçu pour le moulage sous pression en chambre chaude, il est plus difficile à couler et use plus rapidement les composants d'injection de la machine de moulage.

EZAC™¹:

Cet alliage récemment mis au point présente la meilleure résistance au fluage de tous les alliages de zinc avec une amélioration d'un ordre de grandeur par rapport aux alliages 5 et ZA-8. Il s'agit également d'un alliage très résistant, avec une limite d'élasticité (393 MPa) et une dureté (102-140 sur l'échelle de Brinell) comparables à celles du ZA-27. En raison de sa faible température de fusion, l'EZAC peut être moulé sous pression en chambre chaude et n'entraîne pas la même usure du matériel de moulage que l'ACuZinc5.

GDSL: (Superloy)

Le Guss-Druck-Sonderlegierung (« GDSL ») est un alliage de zinc ultra fin dont les caractéristiques de fluidité sont semblables à celles de l'alliage HF, mais dont la teneur en aluminium et en cuivre est plus élevée.

TM : Marque commerciale d'Eastern Alloys

Propriétés des matériaux qui permettent de résoudre les défis d'ingénierie actuels.

Résistance mécanique

La résistance à la traction des alliages de zinc peut surpasser celles de l'aluminium 380 et du magnésium AZ91D. Les plastiques techniques parviennent difficilement à proposer des performances équivalentes. Même le nylon renforcé à la fibre de verre n'atteint pas la résistance à la traction des alliages de zinc. La limite d'élasticité des alliages de zinc à température ambiante est bien supérieure à celles de l'aluminium 380, du magnésium AZ91D et des plastiques les plus solides. Les alliages de zinc affichent un degré élevé d'absorption d'énergie élastique lorsqu'ils sont soumis à des niveaux de charges violents ou destructeurs

Rigidité

Les alliages de zinc sont des matériaux techniques rigides. Leur résistance, que ce soit au cisaillement, à la torsion, à la flexion ou à la compression, est de loin supérieure à celle de l'aluminium, du magnésium et des plastiques. Ces propriétés permettent de réduire le volume du moulage et ainsi de gagner de l'espace et du poids.

Ténacité et ductilité

La forte résistance aux chocs et une bonne ductilité sont deux qualités des alliages de zinc que l'on retrouve rarement avec les autres alliages de moulage. La ductilité est importante pour le cintrage et le sertissage après les opérations d'assemblage suivant le moulage, tandis que la résistance aux chocs est indispensable dans les environnements difficiles. À des températures ambiantes normales, les pièces en zinc moulées sous pression offrent une résistance aux chocs bien supérieure à celle des pièces en aluminium 380, en magnésium AZ91D et en plastique ABS. À -30 °C, les alliages de zinc restent bien supérieurs. Même à -40 °C, le zinc offre au moins une résistance aux chocs similaire à celle de l'aluminium moulé sous pression. Par ailleurs, la ténacité des alliages de zinc est également supérieure à celle de la plupart des alliages d'aluminium et des plastiques techniques.

Dureté

Les alliages de zinc sont nettement plus durs que l'aluminium et le magnésium. L'addition

d'éléments d'alliage comme le cuivre contribue très largement à la bonne résistance à l'usure présentée par les alliages de zinc. En conséquence, ces alliages sont désormais utilisés dans des applications modérément exigeantes où leurs propriétés naturelles de résistance aux frottements peuvent être exploitées.

Conductivité

Comme les alliages de zinc conduisent bien la chaleur et l'électricité, ils peuvent être utilisés pour produire des dissipateurs de chaleur. L'excellente coulabilité des alliages de zinc permet ainsi de créer des ailettes de refroidissement très fines pour mieux dissiper la chaleur. L'excellente conductivité électrique du zinc permet un blindage électromagnétique efficace (protection EMI, RFI et ESD).

Anti-étincelles et amagnétiques

Tous les alliages de zinc à l'exception du ZA 27 sont considérés comme « anti-étincelles ». Ils sont une alternative parfaite et peu coûteuse aux bronzes dans des environnements potentiellement explosifs. À la différence des plastiques et autres matériaux,



le zinc ne permet normalement pas la propagation du feu lors de son traitement ou de son utilisation. C'est un matériau relativement ininflammable. Le zinc étant amagnétique, il peut être un matériau idéal dans l'électronique ou pour des applications sensibles aux perturbations magnétiques.

Résistance à la fatigue

Cette mesure de la capacité d'un matériau à résister à des charges cycliques est un critère de conception important. La fatigue constitue la raison la plus fréquente de la défaillance des pièces mécaniques. Les alliages de zinc, comme les autres métaux de moulage sous pression, ont des résistances à la fatigue 7 à 10 fois plus importantes qu'un plastique de type ABS.

Fluage

Lorsqu'il existe un risque de fluage, par exemple lors de l'application continue d'une charge à une température élevée, le zinc présente une résistance supérieure à celle des plastiques injectés. D'après le Boiler Code de l'ASME, à température ambiante, la résistance au fluage de l'alliage ZA-27 moulé sous pression est de 69 MPa (contrainte requise pour un fluage de 1 % après 100 000 heures). Cette propriété permet aux alliages de zinc d'être utilisés avec une charge statique importante. Cependant, la contrainte autorisée diminue avec l'augmentation des températures appliquées. Il est donc nécessaire

d'étudier de manière poussée toutes les applications de charge constante à la température appliquée pour déterminer si l'utilisation d'un alliage de zinc est appropriée.

Étanchéité aux fluides et gaz sous pression

La santé matière des pièces est en grande partie liée à la conception du produit, à la bonne réalisation du moule et au contrôle de l'injection. Les niveaux de tolérance stricts des alliages de zinc fournissent la fiabilité et la régularité nécessaires pour les applications exigeantes en matière de pression.

Capacité d'amortissement

La capacité d'amortissement des alliages de zinc en termes d'absorption d'énergie et de son (vibrations mécaniques externes) est comparable à celle du magnésium et 5 à 10 fois supérieure à celle de l'aluminium. Cette caractéristique fait des alliages de zinc un choix parfaitement adapté pour les applications où l'absorption de vibrations est nécessaire.

Résistance à la corrosion

Le zinc présente une excellente résistance à la corrosion dans des conditions atmosphériques normales et dans beaucoup d'environnements aqueux, industriels et pétroliers. Sa résistance à la corrosion peut être améliorée par des traitements comme le placage, la conversion chimique au chrome, la peinture et l'anodisation.



Des propriétés de résistance aux frottements supérieures pour une fiabilité naturelle.

Tous les alliages de zinc, et particulièrement les alliages ZA-12 et ZA-27, font preuve d'une excellente résistance aux frottements et à l'usure grâce à leur grande dureté et à leurs caractéristiques de lubrification naturelle. Il est recommandé d'envisager l'utilisation de roulements en alliage de zinc-aluminium lorsque des roulements en bronze sont spécifiés. Ils fonctionnent généralement mieux dans les applications lubrifiées, à charge élevée et à basse vitesse, dans des conditions de température modérée. Toutefois, ils ont également été utilisés avec succès à haute vitesse et dans des conditions de charge faible.

Réaliser une pièce en Zamak est une alternative directe à l'utilisation de paliers ou de roulements industriels de grande taille : cela s'avère moins coûteux et permet d'obtenir des systèmes mécaniques jusqu'à 43 % plus légers. Dans le cas des pièces plus petites, la lubrification naturelle du zinc peut contribuer à la réduction des coûts de fabrication secondaires en éliminant les petites glissières et inserts d'usure, permettant ainsi une plus grande souplesse de conception.

Des caractéristiques techniques qui répondent à vos besoins stratégiques.

Précision

Les alliages de zinc peuvent être moulés à des tolérances bien plus réduites que tout autre métal ou plastique moulé. Le moulage sous pression du zinc permet une répétabilité de fabrication à plus ou moins 0,025 mm pour les petites pièces, ce qui approche souvent des tolérances d'usinage. Peu d'autres procédés permettent facilement d'obtenir des pièces aussi proches des dimensions finales, qui ne nécessitent que peu, voire pas d'usinage. La fabrication « proche des dimensions finales » ou « zéro usinage » est un avantage majeur du moulage du zinc.



Usinabilité

Le zinc peut être usiné rapidement et sans problème. Il limite l'usure des outils et les coûts d'usinage, ce qui constitue un avantage majeur sur les matériaux concurrents.

Pièces minces

Tous les alliages de zinc classiques et ZA proposent une coulabilité exceptionnelle. Ainsi, le moulage de pièces minces est possible, quel que soit le procédé utilisé. Des épaisseurs de paroi de 0,15 mm pour le moulage sous pression et de 2,3 mm pour le coulage en moule permanent sont possibles. Il est ainsi possible de produire des composants plus petits, plus légers et plus économiques qu'avec les autres métaux.



Angle de dépouille nul

L'angle de dépouille correspond au biseau sur la surface d'un moule qui vise à faciliter le démoulage de la pièce. Les alliages de zinc peuvent être moulés sous pression à un angle de dépouille inférieur à celui des matériaux concurrents. En fait, cet angle peut parfois même être nul, ce qui constitue un atout majeur lors de la production de pièces en mouvement avec contacts mécaniques telles que les engrenages. Un angle de dépouille interne nul permet la fabrication de pièces proches des dimensions finales et donc de réduire le coût de production.





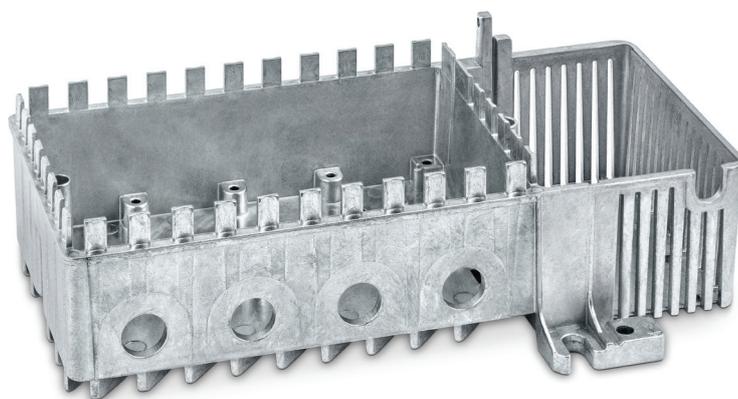
Stabilité dimensionnelle

Les alliages de zinc traditionnels, ainsi que les alliages ZA-8 et ZA-12, présentent une excellente stabilité dimensionnelle dès le démoulage. Toutefois, le ZA-27 peut nécessiter un traitement de vieillissement artificiel afin de minimiser les effets du vieillissement lorsque des tolérances exceptionnelles sont nécessaires. Ce traitement consiste à chauffer la pièce à 95 °C pendant 24 heures.



Assemblage de pièces

Si nécessaire, la ductilité élevée du zinc permet de déformer les pièces de manière contrôlée pour leur donner la forme finale désirée. Elles peuvent également être assemblées à une autre pièce par cintrage, formage, repoussage ou rivetage pour un coût modique. Les fixations filetées, le mandrinage, le rivetage et le sertissage permettent d'assembler deux pièces à bas coût. Les alliages de zinc peuvent également être assemblés par collage ou soudage MIG et TIG, bien que le soudage ne soit pas économique dans le cas du zinc moulé sous pression en raison des volumes de production élevés impliqués.



Les nombreuses finitions de surface haute qualité disponibles constituent un autre avantage majeur.

Une conception intelligente associée à la polyvalence du procédé de moulage sous pression du zinc optimise l'esthétique des produits.

Les moulages sous pression du zinc constituent un excellent choix pour d'innombrables applications décoratives et fonctionnelles. En raison de ses propriétés physiques et mécaniques uniques, le zinc peut être moulé dans presque toutes les formes et toutes les tailles, de simples voitures miniatures à des logements de connecteur complexes.

Dans la plupart des applications, le zinc moulé sous pression n'est pas exposé à des environnements corrosifs et les exigences esthétiques de la pièce déterminent quelle finition doit être utilisée. Dans de nombreux cas, aucune finition n'est appliquée.

Pour les applications de service ou dans les environnements où l'esthétique prime, une large palette de couches de conversion, de peintures organiques et de superbes finitions métalliques galvaniques (nickel, chrome satiné et brillant, etc.) de qualité peut être appliquée de manière simple et sûre à n'importe quelle surface de votre pièce.

Des substrats de qualité pour des finitions de haut niveau. Une finition bon marché par vibration peut être utilisée pour améliorer la surface des pièces tout juste démoulées. Il est possible d'obtenir une surface exceptionnellement lisse avant la finition avec un émerisage à grain très fin ou un polissage chimique.

En raison de la grande fluidité des Alliages de zinc, il est possible d'ajouter à une partie ou à la totalité du produit une texture de surface précisément définie. Ainsi, les pièces moulées en zinc peuvent ressembler à de l'or massif, à du laiton vieilli, à de l'acier inoxydable et même à du cuir. Il est également possible de mouler des éléments extérieurs, tels que des lettres et des logos.



La densité de l'alliage de zinc et sa capacité à être coulé tout en finesse permettent d'influencer la perception du poids, de l'équilibre, de la solidité et de l'inertie de la pièce par l'utilisateur. Par exemple, de nombreux utilisateurs de pièces en zinc moulées sous pression accordent une grande importance à la fraîcheur au toucher, à une sensation métallique qualitative, ainsi qu'à d'autres perceptions. Par ailleurs, il est tout à fait possible d'utiliser des revêtements conférant à la pièce un aspect chaud ou un surmoulage plastique pour varier les sensations au toucher.

Pour obtenir un impact maximum et le résultat attendu, le concepteur doit contacter le fondeur en amont pour convenir de la méthode à suivre afin de créer un produit à la fois économique et esthétique.



La polyvalence du moulage permet de réaliser des économies supplémentaires.

Flexibilité du procédé : Les alliages de zinc sont compatibles avec presque tous les procédés de moulage et permettent ainsi de répondre à toutes les exigences de quantité et de qualité. Le moulage sous pression de précision en grands volumes est le procédé le plus populaire. Pour les volumes moins importants, il est également possible de mouler les alliages de zinc de manière moins coûteuse par gravité à l'aide de sable, d'un moule permanent, d'un moule en graphite et de moulage de plâtre.

Coulée sous pression

Il s'agit du procédé le plus efficace pour le moulage de précision de grands volumes. Il offre les meilleures tolérances et des rythmes de production élevés, mais l'achat initial des outils est coûteux. Le moulage sous pression doit être envisagé pour les productions d'au moins 10 000 pièces. Toutes les tolérances dépendent de la taille et de la complexité de la pièce. Pour autant, des tolérances de $\pm 0,025$ mm sont courantes. Les rythmes de production du moulage sous pression en chambre chaude atteignent environ 150 pièces par heure pour les grandes pièces et plus de 2 000 pièces par heure pour les plus petites.

Les alliages de zinc classiques et l'alliage ZA-8 peuvent être utilisés dans une machine à « chambre chaude », tandis que les alliages ZA-12 et ZA-27 doivent être utilisés dans une machine à « chambre froide », comme les alliages d'aluminium. L'utilisation d'une chambre chaude permet des cycles plus rapides et réduit ainsi les coûts de production. En raison des faibles températures de fusion des alliages de zinc, les moules des pièces en zinc sont plus durables : ils durent souvent jusqu'à 3 à 4 fois plus longtemps que les moules équivalents utilisés avec des alliages d'aluminium.

Moulage avec moule permanent

Les alliages ZA-8 et ZA-12 sont généralement préférés pour les applications de moule permanent. Le moulage avec moule permanent s'effectue traditionnellement à l'aide de moules en acier ou en fonte, mais est maintenant également réalisé dans des moules de graphite. Il entre souvent en concurrence avec le moulage en sable grâce à ses tolérances plus strictes et une finition de surface plus lisse qui peut réduire les opérations d'usinage.

Les moules permanents ferreux conçus pour les alliages d'aluminium sont généralement adaptés aux alliages de zinc. Toutefois, en raison de la coulabilité supérieure du zinc, le moulage de sections plus minces est possible. Ce procédé est bien adapté aux productions intermédiaires de 500 à 10 000 pièces. L'utilisation de moules ferreux offre une grande flexibilité en termes de taille de pièces, qui peuvent aller de quelques grammes à 45 kg.

Les moules permanents en graphite offrent de nets avantages sur les moules métalliques : tolérances améliorées, coûts des outils réduits et finition de surface supérieure. Toutefois, la taille et la complexité des pièces sont limitées et la ségrégation plus fréquente.

Moulage en sable

Tous les alliages ZA sont adaptés au moulage en sable, même si le ZA-12 est le plus populaire dans cette application. Le moulage en sable offre la plus grande souplesse de conception au niveau des exigences de complexité, de taille et de quantité. Les coûts des outils sont généralement faibles, facilitant ainsi la production de petits volumes. Toutefois, les tolérances et l'aspect lisse de la surface sont limités. Les pièces nécessitent habituellement un usinage.





Le moulage sous pression en chambre chaude limite les coûts de traitement au minimum.

Gain de temps de production

Ce procédé, combiné à la température de coulée relativement faible des alliages de zinc, permet d'obtenir un rythme de production exceptionnellement élevé. Pour des pièces en zinc de dimension moyenne, des cadences de 400 à 1 000 injections à l'heure sont courantes. Avec des machines spécialisées, il devient possible de produire jusqu'à 3 500 pièces de petite taille et extrêmement détaillées par heure. Par comparaison, la production horaire de pièces de taille moyenne en aluminium, magnésium et plastique est comprise respectivement entre 100 à 250, 200 à 300 et 100 à 300 unités.

Économies d'énergie

Pour le même nombre de pièces de même dimension moulées sous pression, l'aluminium va utiliser au minimum 50 % d'énergie en plus que le zinc. Quant au magnésium, il va nécessiter par pièce coulée au moins 15 % d'énergie en plus que le zinc. Cette consommation d'énergie s'ajoute à l'énergie supérieure nécessaire à la production d'aluminium et de magnésium.

Pièces moulées proches des dimensions finales

Une conception judicieuse du produit et du moule, alliée à la précision et à l'excellent état de surface d'un alliage de zinc, peut aboutir à des pièces coulées aux dimensions proches des dimensions finales qui ne nécessitent, si besoin est, qu'un minimum de traitement ultérieur.

Faible usure des outils

Le zinc permet de réaliser des économies considérables sur les gros volumes, car les outils permettent généralement de réaliser de 750 000 à 2 millions d'injections avant d'atteindre une usure critique. Avec l'aluminium et le magnésium, la durabilité maximale des outils atteindra respectivement 250 000 et 500 000 injections.

Le moulage sous pression de zinc en chambre chaude constitue la technique de production la plus économique pour les composants 3D en raison de sa vitesse de production et du faible volume de déchets produits.

Table I. Propriétés physiques et mécaniques des alliages de zinc moulés sous pression

| Alliages | Alliage 3 | Alliage 5 | Alliage 7 | Alliage 2 |
|---|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|
| Autres noms | Zamak3, ZP0400, ZnAl4 | Zamak5, ZP0410, ZnAl4Cu1 | Zamak7 | Zamak2, ZP0430, ZnAl4Cu3 |
| Propriétés mécaniques | Sous Pression | Sous Pression | Sous Pression | Sous Pression |
| Résistance à la traction : (MPa) (1) (5) | 315 | 331 | 283 | 397 |
| Limite d'élasticité - Ecart 0.2% : (MPa) (1) (5) | 276 | 295 | 32 (221) | 360 |
| Allongement : (1) (2) (5) | | | | |
| allongement à la résistance à la traction | 2 | 3 | | 2 |
| allongement à la rupture | 7 | 3 | 9 | 5 |
| Module d'élasticité (Young) : (GPa) (1)(4)(5) | 84 | 84 | 84 | 84 |
| Résistance au cisaillement : (MPa) | 214 | 262 | 214 | 317 |
| Coefficient de poisson | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dureté : Brinell (1) | 97 | 114 | 80 | 130 |
| Résistance aux chocs | | | | |
| IZOD sans entaille à 20°C : J/cm ² (A) | | | | |
| IZOD avec entaille à 20°C : J/cm ² | 2 | 2 | | |
| Charpy sans entaille à 20°C : J/cm ² | 116 | 131 | 116 | 96 |
| Charpy avec entaille à 20°C : J/cm ² | 4 | 5 | | 9 |
| Résistance à la fatigue (MPa) (3) | | | | |
| 5x10 ⁸ cycles | 48 | 57 | 47 | 59 |
| 1x10 ⁷ cycles | 81 | 86 | | 104 |
| Résistance à la compression : MPa (6)(7) | | | | |
| Ecart 0.1% : MPa | | | | |
| Ecart 0.2% : MPa | 274 | 199 | | 257 |
| Ecart 2% : MPa | 373 | 266 | | 379 |
| Propriétés physiques | | | | |
| Densité : (g/dm ³) | 6660 | 6760 | 6600 | 6800 |
| Intervalle de fusion : (°C) | 381°-387° | 380°-386° | 381°-387° | 379°-390° |
| Conductivité électrique : % IACS | 27 | 27 | 27 | 25 |
| Conductivité thermique : W/m.°C | 113 | 108 | 113 | 104 |
| Coefficient de dilatation thermique (ppm/°C) | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Capacité thermique : (J/kg.°C) | | | | |
| à 100°C | 451 | 422 | 451 | 446 |
| à 20°C | 391 | 398 | 391 | 422 |
| Coefficient de frottement | 0 | 0 | | 0 |
| Rétrécissement dans le moule : mm/mm | .007 | .007 | .007 | .007 |

(A) Echantillon usiné à partir de lingots en vrac

(1) Eprouvette, d'épaisseur 1,5mm; Valeurs mesurées 8 semaines après le moulage. Vitesse d'essai 10mm/minute.

(2) Déformation mesurée avec extensomètre. L0 =70 pour les alliages 2, 3, 5, ZA8 et GD5L. L0=50mm pour les autres alliages

(3) Diamètre de l'échantillon = 5,55mm. Limite de fatigue déterminée par la méthode de l'escalier

(4) Module d'élasticité calculé à partir des graphiques contraintes/déformation

| ZA-8 | | | ZA-12 | | | ZA-27 | | | GDSL | Acuzinc5 | EZAC | HF alloy |
|---------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|-----------|
| ZP0810, ZnAl8Cu1 | | | ZP1110, ZnAl11Cu1 | | | ZP2720, ZnAl27Cu2 | | | | ZP0350, ZnAl3Cu5 | | |
| Moulage sable | Moulage permanent | Moulage sous pression | Moulage sable | Moulage permanent | Moulage sous pression | Moulage sable | Moulage sable HT1 | Sous pression | Sous pression | Sous pression | Sous pression | |
| 263 | 221-255 | 386 | 276-317 | 310-345 | 400 | 400-441 | 310-324 | 421 | 387 | 407 | 414 | 276 |
| 200 | 206 | 318 | 214 | 269 | 317 | 372 | 255 | 379 | 315 | 337 | 393 | 234 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | 1 | | | |
| 1-2 | 1-2 | 3 | 1-2 | 1-2 | 3-4 | 2-4 | 6-8 | 1-2 | 1 | 6 | 1 | 5 |
| 85 | 85 | 82 | | 82 | | | 77 | | 84 | | 84 | 84 |
| - | 241 | 275 | 255 | - | 296 | 290 | 228 | 325 | 245 | 280 | | |
| | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | | 0 |
| 110 | 85-90 | 95-110 | 89-105 | 89-105 | 95-115 | 110-120 | 90-110 | 105-125 | 119 | 115 | 140 | 93 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | 42 | 25 | | 29 | 47 | 58 | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 162 | | | 95 |
| | | | | | | | | | | | | |
| - | 52 | 103 | 103 | - | 117 | 172 | 103 | 145 | | | | |
| | | 63 | | | | | | | | 139 | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 199 | 214 | | 227 | 234 | 269 | 331 | 255 | 385 | | | | |
| | | 233 | | | | | | | | | | |
| | | 321 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 6300 | | | 6000 | | | 5000 | | 6560 | 6850 | 6600 | 6600 |
| | 375°-404° | | | 377°-432° | | | 376°-484° | | 379° | 402°-502° | 379°-413° | 381°-387° |
| | 27 | | | 28 | | | 29 | | 26 | 26 | | 27 |
| | 144 | | | 116 | | | 125 | | 112 | 106 | | 113 |
| | 23 | 27 | | 24 | | | 26 | | 27 | 24 | | 26 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 435 | | | 448 | | | 534 | | 435 | | | 451 |
| | | | | | | | | | 395 | | | 391 |
| | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | .0104 | .013 | .0075 | .013 | .013 | .008 | 0 | 0 | | 0 |

(5) Propriétés de traction en fonction de la température, l'épaisseur et l'usure sont données en REF 1_2_3. Les graphiques sur la contrainte de déformation sont donnés en REF _1, REF _2 et REF _3 (voir page précédente)

(6) L'éprouvette est un cylindre de 0,24 pouces de diamètre et 0,48 pouces de hauteur. Les cylindres ont été usinés à partir d'échantillons de fonderie sous pression. Vitesse d'essai : 1,1 MPa/sec. La contrainte est basée sur la vitesse de la traverse de la machine à traction.

(7) Les propriétés de compression en fonction de la température et les graphiques contraintes/déformation sont donnés en REF _4

Table 2. Caractéristiques chimiques et normes de l'industrie pour les Alliages de Zinc moulés sous pression

| Caractéristiques chimiques ASTM | Alliage 3 | | Alliage 5 | | Alliage 7 | | Alliage 2 | |
|-------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé |
| % par poids (ASTM B240 et B86) A | | | | | | | | |
| Al | 3.9-4.3 | 3.7-4.3 | 3.9-4.3 | 3.7-4.3 | 3.9-4.3 | 3.7-4.3 | 3.9-4.3 | 3.7-4.3 |
| Mg | .03-.06 | .02-.06 | .03-.06 | .02-.06 | .01-.02 | .005-.020 | .005-.020 | .02-.06 |
| Cu | .10max | .1max | .7-1.1 | .7-1.2 | .10max | .1max | 2.6-2.9 | 2.6-3.3 |
| Fe (max) | .035 | .050 | .035 | .050 | .035 | .050 | .035 | .050 |
| Pb (max) | .004 | .005 | .004 | .005 | .003 | .003 | .004 | .005 |
| Cd (max) | .003 | .004 | .003 | .004 | .0020 | .002 | .003 | .004 |
| Sn (max) | .0015 | .002 | .0015 | .002 | .0010 | .001 | .0015 | .002 |
| Ni (autre) 10 | - | - | - | - | .005-.020 | .005-.020 | - | - |
| Zn | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde |

(A) Pour toutes les notes concernant les spécifications chimiques, merci de se référer à ASTM B240 (lingots) et ASTM B86 (pièces moulées). Les spécifications listées ci-dessus sont issues de la version 2013.

| Caractéristiques chimiques EN | Alliage 3 | | Alliage 5 | | Alliage 7 | | Alliage 2 | |
|--------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|----------|
| | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé |
| % par poids (EN1774 et EN12844) B | | | | | | | | |
| Al | 3.8-4.2 | 3.7-4.3 | 3.8-4.2 | 3.7-4.3 | | | 3.8-4.2 | 3.7-4.3 |
| Mg | .035-.06 | .025-.06 | .035-.06 | .025-.06 | | | .035-.06 | .025-.06 |
| Cu | .03max | .1max | .7-1.1 | .7-1.2 | | | 2.7-3.3 | 2.7-3.3 |
| Fe (max) | .02 | .050 | .02 | .050 | | | .02 | .050 |
| Pb (max) | .003 | .005 | .003 | .005 | | | .003 | .005 |
| Cd (max) | .003 | .005 | .003 | .005 | | | .003 | .005 |
| Sn (max) | .001 | .002 | .001 | .002 | | | .001 | .002 |
| Ni (max) | .001 | .02 | .001 | .02 | | | .001 | .02 |
| Si (max) | .02 | .03 | .02 | .03 | | | .02 | .03 |
| Zn | Solde | Solde | Solde | Solde | | | Solde | Solde |

(B) Pour toutes les notes concernant les spécifications chimiques, merci de se référer à EN 1774 (lingots) et EN 12844 (pièces moulées). Les spécifications listées ci-dessous sont issues de EN 1774 : 1998 and EN 12844 : 1999.

| Standards de l'industrie | Alliage 3 | | Alliage 5 | | Alliage 7 | | Alliage 2 | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé |
| ASTM -standard | B240-13 | B86-13 | B240-13 | B86-13 | B240-13 | B86-13 | B240-13 | B86-13 |
| -designation | AG40A | AG40A | AC41A | AC41A | AG40B | AG40B | AC43A | AC43A |
| SAE | J468B | J468B | J468B | J468B | | | Former | |
| Specification No. | 903 | 903 | 925 | 925 | | | 921 | |
| EN (Europe) | EN1774 | EN12844 | EN1774 | EN12844 | EN1774 | EN12844 | EN1774 | EN12844 |
| Japan | JIS H2201 | JIS H5301 |
| Australia AS 1881 | SAA H63 | SAA H64 |
| Canada | CSA HZ3 | CSA HZ11 |
| ISO | ISO 301 | | ISO 301 | | ISO 301 | | ISO 301 | |
| UNS designation | Z33524 | Z33525 | Z35532 | Z35533 | Z33526 | Z33527 | Z35544 | Z35545 |

| ZA-8 | | ZA-12 | | ZA-27 | | GDSL | Acuzinc5 | EZAC | HF alloy |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|------------|---------|-----------|
| Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | | Moulé | Moulé | Moulé |
| 8.2-8.8 | 8.0-8.8 | 10.8-11.5 | 10.5-11.5 | 25.5-28.0 | 25.0-28.0 | 6,4-7,0 | 2.8-3.3 | 6 | 4,3-4,7 |
| .020-.030 | .01-.03 | .020-.030 | .01-.03 | .012-.020 | .010-.020 | <.05 | 0.025-0.05 | 0 | .005-.012 |
| 0.9-1.3 | .8-1.3 | 0.5-1.2 | 0.5-1.2 | 2.0-2.5 | 2.0-2.5 | 3,0-3,5 | 5.0-6.0 | 5 | .035 |
| .035 | .075 | .050 | .075 | .070 | .075 | .050 | 0.075 | 0.075 | .03 |
| .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | 0.005 | 0.005 | .003 |
| .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 | .004 | 0.004 | 0.004 | .002 |
| .002 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 | .002 | 0.003 | 0.003 | .001 |
| - | - | - | - | - | - | | - | - | |
| Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Solde | Balance | Balance |

| ZA-8 | | ZA-12 | | ZA-27 | |
|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé |
| 8.2-8.8 | 8.0-8.8 | 10.8-11.5 | 10.5-11.5 | 25.5-28.0 | 25.0-28.0 |
| .020-.030 | .015-.03 | .020-.030 | .015-.03 | .012-.020 | .010-.020 |
| 0.9-1.3 | .8-1.3 | 0.5-1.2 | 0.5-1.2 | 2.0-2.5 | 2.0-2.5 |
| .035 | .06 | .050 | .07 | .070 | .1 |
| .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 |
| .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 |
| .002 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 |
| - | .02 | - | .02 | - | .02 |
| .035 | .045 | .050 | .06 | .070 | .08 |
| Balance | Balance | Balance | Balance | Balance | Balance |

| ZA-8 | | ZA-12 | | ZA-27 | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lingot | Moulé | Lingot | Moulé | Lingot | Moulé |
| B240-13 | B86-13 | B240-13 | B86-13 | B240-13 | B86-13 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| EN1774 | EN12844 | EN1774 | EN12844 | EN1774 | EN12844 |
| JIS H2201 | JIS H5301 | JIS H2201 | JIS H5301 | JIS H2201 | JIS H5301 |
| SAA H63 | SAA H64 | SAA H63 | SAA H64 | SAA H63 | SAA H64 |
| CSA HZ3 | CSA HZ11 | CSA HZ3 | CSA HZ11 | CSA HZ3 | CSA HZ11 |
| ISO 301 | | ISO 301 | | ISO 301 | |
| Z35637 | Z35638 | Z35632 | Z35633 | Z35842 | Z35841 |

| Acuzinc5 | EZAC | HF alloy |
|----------|--------|----------|
| Lingot | Lingot | Lingot |
| B892-10 | | B989 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Z46541 | Z46541 | |

Table 3. Comparaison avec d'autres matériaux

| Matériau | Résistance à la traction | Limite d'élasticité | Allongement à la rupture | Module de Young |
|---|--------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|
| | MPa | MPa | % | GPa |
| Zinc | | | | |
| ZP3 | 315 | 276 | 7.73 | 84.3 |
| ZP5 | 331 | 295 | 3.43 | 84.5 |
| ZP2 | 397 | 360 | 5.99 | 84.4 |
| ZP8 | 386.8 | 318.6 | 3.41 | 82.7 |
| Aluminum | | | | |
| 380 (équivalent à EN1706 AC46500) | 324 | 159 | 3.5 | 71 |
| 356 T6 moule permanent | 228 min. | 152 min. | 3 min. | 72.4 |
| Laiton | | | | |
| Décolletage laiton, UNS 36000 | 338 - 469 | 124 - 310 | 53 max | 97 |
| Acier | | | | |
| AISI 1020, 0.2% Carbon Normalisé | 440 | 345 | 36 | 200 |
| Magnésium Polymères | | | | |
| AZ91D | 230 | 150 | 3 | 44.8 |
| Polymères | | | | |
| ABS | 30 - 65 | 29.5 - 65 | 2 - 110 | 1.8 - 3.2 |
| Nylon PA66 | 40 - 85.5 | 40 - 86 | 4.8 - 300 | 0.7 - 3.3 |
| PA66 fibre de verre renforcée à 30% | 70 - 210 | 128 - 210 | 1.9 - 150 | 3.2 - 11 |
| Polycarbonate | 54 - 72 | 59 - 70 | 8 - 135 | 1.6 - 2.4 |
| Polycarbonate fibre de verre renforcée à 30% | 76 - 138 | 114 - 128 | 2-Apr | 6.9 - 9.7 |
| Polypropylène | 19.7 - 80 | Dec-43 | 3 - 887 | 0.5 - 7.6 |
| Polypropylène Fibre de verre renforcée à 30% | 42 - 100 | 55 - 79 | 1.5 - 16 | 4.8 - 8.3 |
| Acetal Copolymer | 37 - 66 | 37 - 69 | 3 - 250 | 1.4 - 3.2 |
| Acetal Copolymer Fibre de verre renforcée à 30% | 66 - 140 | 140 | 1.5 - 7 | 6.2 - 10 |
| Polyester (thermodurcissable) | 33.5 - 70 | 70 | 0.5 - 5 | 3.1 - 10.6 |
| Polysulfone | 70 - 76 | 69 - 80 | Oct-75 | 2.48 - 2.7 |
| Fibre de verre renforcée à 30% | 107 - 125 | 110 | 1.8 - 1.3 | 7.58 - 9.9 |

| Module de fluage | Densité | Dilatation thermique | Conductivité thermique | Capacité thermique | Conductivité électrique |
|---------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1000hrs @ 20°C, GPa | kg/dm ³ | m m/m/oC | W/m-°K | J/g- °C | % IACS |
| >50 | | | | | |
| | 6.66 | 27 | 113 | 0.391 | 27 |
| | 6.76 | 27.2 | 108.9 | 0.398 | 27 |
| | 6.8 | 27.2 | 104.7 | 0.422 | 25 |
| | 6.3 | 27.4 | 144.7 | 0.411 | 27.7 |
| ~70 | | | | | |
| | 2.76 | 21.1 | 109 | 0.963 | 26.9 |
| | 2.68 | 21.4 | 151 | 0.963 | 39 |
| 97 | | | | | |
| | 8.49 | 20.5 | 115 | 0.377 | 26 |
| 200 | | | | | |
| | 7.87 | 12.1 | 51.9 | 0.486 | 10.8 |
| ~44 | | | | | |
| | 1.81 | 26 | 72.7 | 1,047 | 12.1 |
| | | | | | |
| <2 | 1.02 - 1.21 | 65 - 150 | 0.128 - 0.19 | 1.96 - 2.13 | |
| <1 | 1.03 - 1.16 | 65 - 150 | 0.25 - 0.28 | 1.6 - 2.75 | |
| <6 | 1.11 - 1.41 | 17 - 104 | 0.22 - 0.5 | 1.2 - 2.35 | |
| <2 | 1.17 - 1.45 | 32 - 120 | 0.19 - 0.21 | 1 - 1.2 | |
| | 1.33 - 1.45 | 22 - 23.4 | 0.35 | | |
| <0.5 | 0.9 - 1.24 | 25 - 185 | 0.1 - 0.13 | 2 | |
| | 1.08 - 1.47 | 32 - 41 | 0.32 - 0.33 | | |
| <1.5 | 1.29 - 1.43 | 12 - 162 | | | |
| 5.7 | 1.52 - 1.71 | 25 - 43.2 | 0.32 - 0.33 | | |
| | 1.3 - 2.0 | 135 | 0.17 | | |
| 2.3 – 2.5 | 1.24 - 1.25 | 55 - 100 | 0.12 - 0.26 | 1.2 | |
| 8.3 | 1.46 - 1.49 | 21 - 29 | 0.3 | | |



Économe en ressources

Le moulage sous pression des alliages de zinc permet de réduire la pollution et l'émission de gaz à effet de serre.

- Émissions négligeables dans l'eau, la terre et l'air.
- Consommation d'énergie beaucoup plus faible que les procédés de fabrication de masse comparables.
- Tous les déchets issus du procédé peuvent être recyclés.

Les alliages de zinc, tels qu'ils sont définis dans les normes internationales de composition chimique, sont largement conformes aux critères des réglementations européennes sur les engins en fin de vie (ELV), la réduction des substances nocives (RoHS) et les rejets de matériel électrique et électronique (WEEE).

Les pièces moulées sous pression en zinc sont des produits peu onéreux et d'excellente qualité qui sont hautement résilients face à de nombreuses conditions hostiles. Elles présentent une résistance considérable à la corrosion et à l'usure ce qui permet à la fois une utilisation fiable à long terme qui se mesure souvent en décennies, et des économies de matières puisqu'elles n'ont pas besoin d'être fréquemment remplacées.

Une infrastructure de recyclage permet de traiter les déchets en zinc et les produits en alliage de zinc en fin de vie de demain. Les moulages de zinc peuvent se voir apposer la marque de recyclage ISO qui figure dans la norme EN 12844 pour faciliter leur identification et leur recyclage futur.

Ce document a été créé par IZA et a été traduit en français par Experience Zamak.