Préparation métallographique des pièces en métal pulvérulent

Struers
Ensuring Certainty

Application Notes

Après le coulage, le façonnage et l'usinage mécaniques, la métallurgie des poudres (M/P) représente une méthode notable de fabrication des pièces métalliques. Les particularités indésirables des métaux en lingot peuvent être considérablement réduites, et les propriétés recherchées dans les métaux qui ne sont pas facilement alliés habituellement, peuvent être obtenues en combinant différentes poudres métalliques ou en mélangeant des poudres métalliques et non-métalliques.

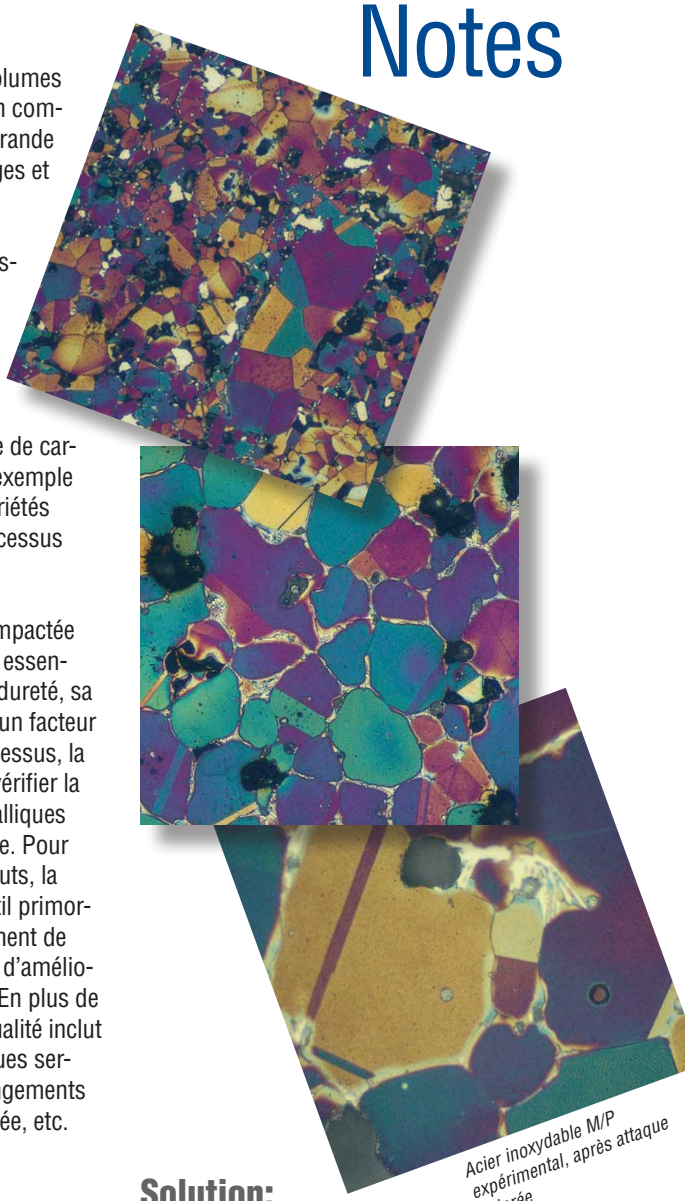
Le processus de fabrication des poudres, portant sur leur compactage en formes utiles suivi de leur frittage, est onéreux, mais les pièces finies comportent certains avantages bien spécifiques par rapport aux pièces façonnées ou coulées.

Leurs avantages principaux sont:
- la possibilité de créer des structures homogènes à grain fin
- leur aptitude à former des formes compliquées avec des tolérances dimensionnelles étroites
- ainsi que leur aptitude à produire des pièces avec un fini de surface de qualité supérieure.

Les processus d'usinage coûteux sont ainsi réduits ou entièrement éliminés et en conséquence, il y a moins de pertes par déchets comparé aux autres méthodes de façonnage. Il est donc plus économique de faire appel à la métallurgie des poudres pour la production des grands volumes de petites pièces de configuration compliquée, et/ou de pièces de très grande précision, telles que les engrenages et les biellettes.

De plus, ce processus offre la possibilité de produire une grande variété d'alliages avec différentes propriétés de matériaux, telles que la résistance et la dureté à haute température. Les grains d'outils à coupe rapide de poudre de carbure fritté de tungstène sont un exemple de la variété des différentes propriétés pouvant être obtenues par le processus métallurgique des poudres.

Comme la densité de la pièce compactée et frittée influence ses propriétés essentielles de robustesse, ductilité et dureté, sa porosité spécifique représentera un facteur critique. Pour le contrôle du processus, la métallographie est utilisée pour vérifier la porosité, les inclusions non-métalliques ainsi que la contamination croisée. Pour la recherche et l'analyse des défauts, la métallographie représente un outil primordial, employé pour le développement de nouveaux produits et dans le but d'améliorer les processus de fabrication. En plus de l'analyse chimique, le contrôle qualité inclut également des méthodes physiques servant à vérifier la densité, les changements dimensionnels, la vitesse de coulée, etc.



Acier inoxydable M/P expérimental, après attaque colorée

Difficultés lors de la préparation métallographique

Prépolissage et polissage:
pour révéler la structure avec sa porosité correcte et représentative.

Solution:

Un polissage suffisamment long

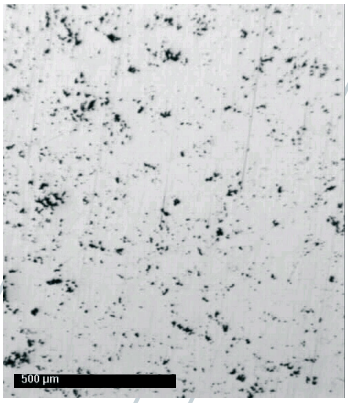


Fig.1: Porosité dans un échantillon d'acier M/P après un polissage de 4 min. au diamant 3µm

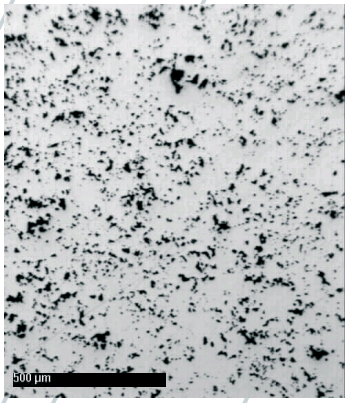
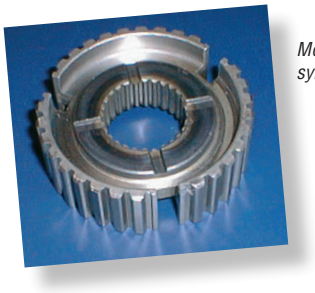


Fig. 2: Même échantillon qu'à la Fig.1 après un polissage de 8 min. au diamant 3µm

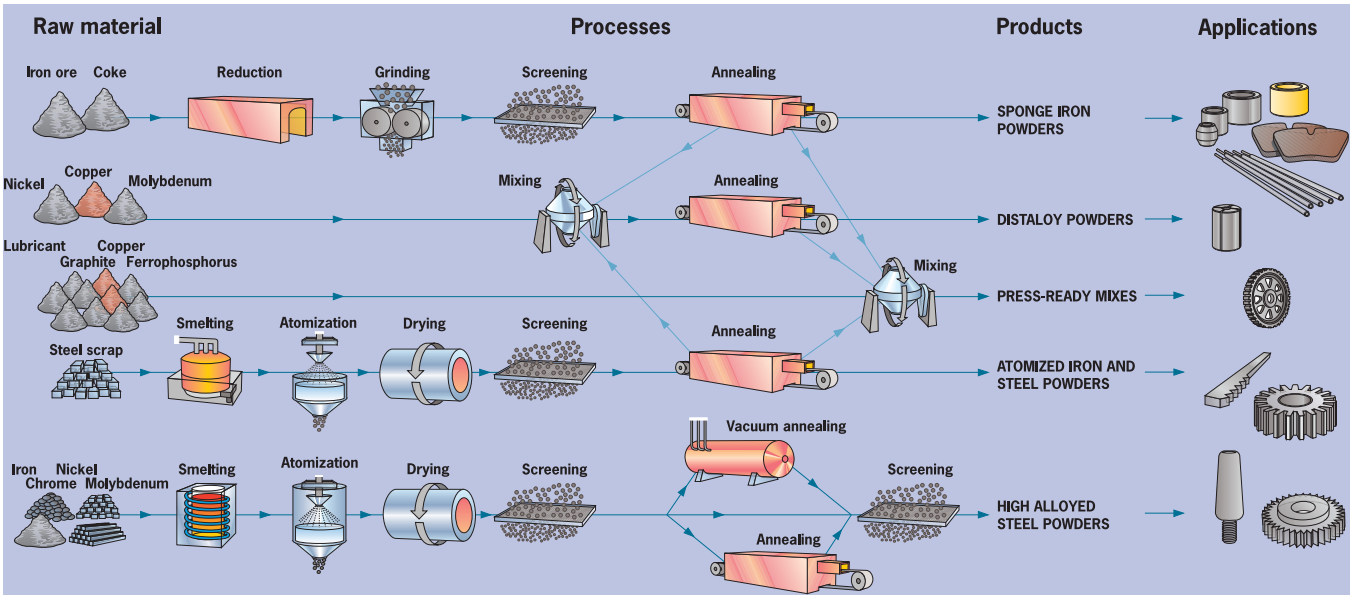
Différents composants d'acier en poudre métallurgique

Production et application des pièces en poudre métallique



Moyeux de synchronisation

Processus de fabrication des poudres de fer et d'acier



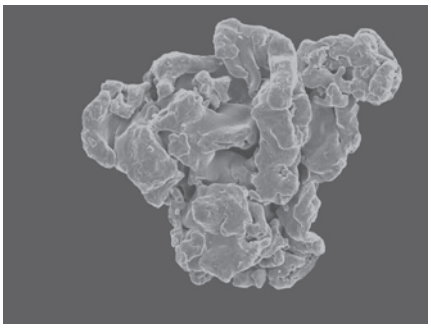
Production
Pour obtenir la structure désirée et une coupe de haute précision d'une pièce en poudre métallique, un contrôle très strict du processus des étapes de production suivantes est requis:
- Fabrication de la poudre
- Mélange de la poudre avec des additions telles que du lubrifiant, du carbone et/ou des éléments d'alliage
- Compactage de la poudre en matrices de carbure
- Frittage à haute température (1100 - 1200°C) sous atmosphère protectrice

Les méthodes chimique et d'atomisation sont les deux méthodes les plus communément utilisées pour la production des poudres. La méthode chimique permet de convertir le métal de l'état d'oxydes de minerai directement en poudre métallique à une température inférieure au point de fusion. Par exemple, la poudre de fer est produite par une réduction directe du minerai de fer en éponge de fer. L'éponge de fer est alors mécaniquement réduite en poudre, qui est à son tour raffinée par recuit sous atmosphère réductrice pour produire de la poudre de fer pure. Celle-ci est utilisée pour les alliages et pour les applications de faible densité, tels que pour les paliers.

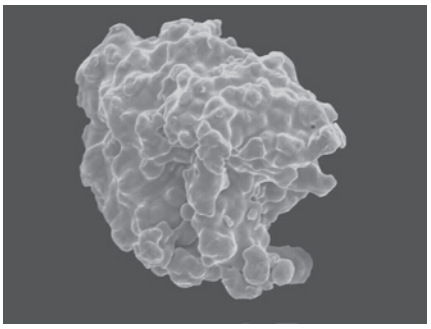
Lors du processus d'atomisation, le métal liquide de l'alliage désiré s'écoule par une buse, puis est frappé par jet d'eau à haute pression ou jet de gaz. Des petites gouttelettes se forment alors, qui se solidifient en particules. Les poudres atomisées présentent des densités plus élevées que les poudres concassées mécaniquement, donc toutes les poudres d'acier sont produites par atomisation.

La poudre de cuivre est fabriquée par atomisation ou par méthodes électrolytiques; la poudre de carbure de tungstène est produite par un ajout contrôlé de quantités de carbone à la poudre de tungstène et par carburation à 1400 - 2650°C.
La production et le mélange des poudres est un processus hautement spécialisé et complexe produisant des mélanges de poudres sur mesure conçus pour satisfaire les besoins d'une application spécifique. Des bons mélanges de poudre ne permettent pas uniquement de créer un alliage avec des propriétés bien spécifiques, mais ils doivent également faciliter la manipulation, le compactage et le frittage.
Par exemple, un écoulement facile de la poudre et sa capacité à se mélanger uniformément avec d'autres poudres sont des facteurs importants qui permettront d'assurer une répartition uniforme de la poudre avant son compactage, ce qui garantira, par la suite, l'uniformité des propriétés de la pièce finie.

Pour la production des composants, les poudres mélangées sont tout d'abord compactées sous haute pression dans une matrice de carbure. A ce stade, la pièce a les aspects géométriques du composant fini, mais pas sa résistance et elle est désignée comme la pièce "à vert". Afin de développer les propriétés mécaniques et physiques du matériau, la liaison métallurgique devra avoir lieu par frittage à haute température dans un four de frittage. La liaison se déroulera par diffusion entre les particules adjacentes, et pour éviter l'oxydation, qui pourrait nuire à la liaison inter-particule, le processus de frittage est accompli en atmosphère protectrice. La liaison accroît la densité, et les pièces en poudre métallique compressées et frittées exhibent en général une porosité résiduelle entre 5 et 25%. Selon l'application escomptée, certaines pièces peuvent nécessiter une compression isostatique à chaud supplémentaire pour une meilleure précision dimensionnelle, ou un fini de surface ou imprégnation à l'huile. Les traitements finaux



Poudre d'éponge de fer, MEB



Poudre de fer atomisée, MEB

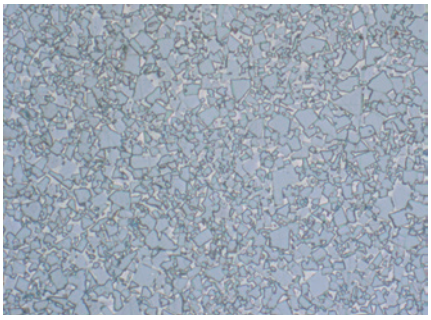


Fig. 3:
Carbure de tungstène fritté (WC/Co), attaqué au réactif d'attaque de Murakami.
1500 x

tels qu'une trempe superficielle, placage ou revêtement, peuvent être appliqués.
Le frittage des carbures de tungstène est réalisé par processus de frittage sous vide. La poudre de carbure est mélangée à 3-25% par poids de cobalt et des petites quantités de titane et de carbures de tantale sont ajoutées pour limiter la croissance des grains. Ce mélange est comprimé puis fritté. A 1280-1350°C, la liquéfaction du cobalt a lieu et aboutit à la formation d'une phase d'aspect eutectique du WC/Co. La densification commence à faibles températures et atteint les 100% théoriques juste après qu'a eu lieu la liquéfaction. Lors de la liquéfaction, la pièce perd jusqu'à 40% de son volume.

Applications
Les pièces fabriquées à l'aide de la métallurgie des poudres sont principalement destinées aux applications suivantes:

- Les pièces mécaniques et structurelles, principalement à base de fer, mais aussi de cuivre, laiton, bronze et aluminium. Le plus grand utilisateur de pièces en poudre métallique est l'industrie automobile. Ces fournisseurs de composants fabriquent des bielles, des moyeux de synchronisation, des pignons à chaîne, des cames et des engrenages.

- Les métaux réfractaires, qui en raison de leur point de fusion élevé sont difficiles à produire par fusion et moulage.

- Un matériau poreux dans lequel une porosité contrôlée sert un objectif bien spécifique, par exemple pour les coussinets autolubrifiants.

- Les matériaux composites qui ne forment pas des alliages, par exemple le cuivre/tungstène pour les contacts électriques, les outils de coupe au carbure cémenté (Fig. 3), les matériaux pour les garnitures de frein et les garnitures, les outils de coupe diamantés ou les composites à matrice métallique.

- Les alliages résistants spéciaux tels que les superalliages à base de nickel et de cobalt pour les pièces des turboréacteurs et les aciers à outil rapides, montrant une répartition uniforme des carbures et possédant des qualités isotropiques (Fig. 4 et 5).

De plus, différentes poudres et mélanges de poudre pour les revêtements par jet thermique sont produits et sont également sujets à un contrôle qualité métallographique.

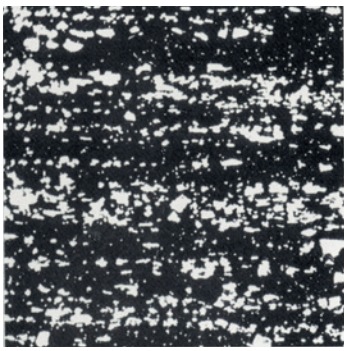


Fig. 4: Répartition du carbure dans de l'acier produit de façon conventionnelle

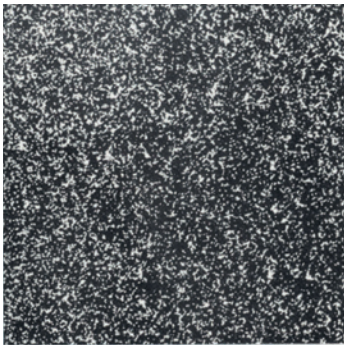


Fig. 5: Répartition du carbure dans de l'acier en poudre métallurgique

Difficultés de préparation métallographique des métaux pulvérulents

La difficulté majeure rencontrée lors de la préparation est l'exposition de la porosité vraie après le prépolissage et le polissage. Selon la dureté du matériau, cela sera plus ou moins réussi. Lors du prépolissage des métaux tendres, le métal enlevé par abrasion est repoussé dans les pores, et devra être éliminé par polissage. Les échantillons de pièces dans lesquelles des matériaux durs et tendres sont mélangés ont tendance à afficher un relief prononcé. La préparation des pièces "à vert" demande un soin et une patience particuliers, car elles sont très fragiles.

Recommandations pour la préparation des métaux pulvérulents

Tronçonnage
Pour tronçonner une pièce en poudre métallurgique, un métal ou alliage spécifique, il est possible de choisir une meule de tronçonnage appropriée en se basant sur les tableaux et instructions recommandés. Pour les matériaux composés, il est recommandé d'utiliser une meule de tronçonnage adaptée au matériau dominant. Pour les carbures frittés, une meule de tronçonnage diamantée à liant de résine est recommandée (Par exemple BOD31).
Les échantillons "à vert" devront être enrobés dans une résine d'enrobage à froid (voir la section "Enrobage") avant le tronçonnage, afin qu'ils ne soient pas écrasés par le serrage.

Enrobage
Pour garantir la bonne adhésion de la résine d'enrobage à l'échantillon, il est essentiel de dégraisser l'échantillon avec soin avant l'enrobage à l'aide d'acétone, de toluène ou d'Isopar C* (Respectez les précautions d'emploi appropriées lors de la manipulation des solvants!)
Les pièces frittées peuvent être enrobées à chaud dans une résine appropriée à la dureté du matériau échantillon, soit une résine phénolique (MultiFast), soit des résines renforcées (Duro-Fast, IsoFast).
Les pièces "à vert" nécessitent une réimprégnation sous vide dans une résine époxy d'enrobage à froid (EpoFix, SpeciFix-40).
Les poudres peuvent être enrobées par le mélange d'une petite quantité de poudre (environ ½ cuillère à café) avec une résine époxy à durcissement lent, que l'on verse alors dans un moule d'enrobage. Durant les 8 heures que dure le processus de durcissement, les particules formeront une couche en se déposant au fond du moule. Les poudres de métal dur peuvent être enrobées à chaud en étant mélangées à une

**Disponible chez Exxon*

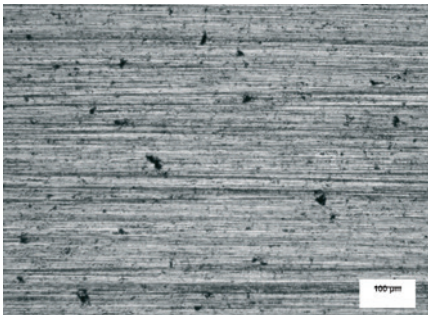


Fig. 6: Surface d'un acier M/P après prépolissage fin sur MD-Allegro

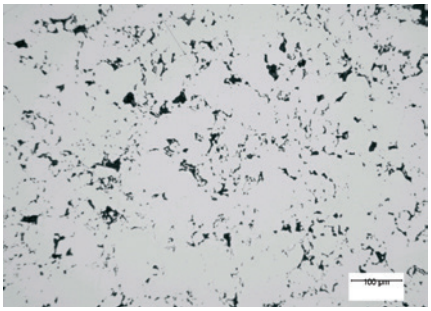


Fig. 7: Même échantillon qu'à la Fig. 6 montrant un polissage insuffisant

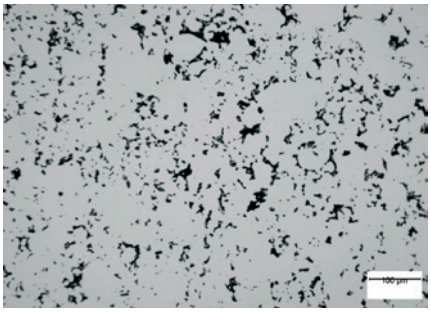


Fig. 8: Même échantillon qu'à la Fig 7 après un polissage plus prolongé montrant la porosité correcte

cuillère à mesurer de résine d'enrobage IsoFast à grain fin. Ce mélange est alors versé dans le cylindre de la presse d'enrobage, puis complété par une couche de résine phénolique.

Prépolissage et polissage

Pour les procédures de prépolissage et polissage des métaux en poudre sont appliquées les mêmes règles que celles de la préparation des échantillons en lingot du même matériau.
Le prépolissage plan des grands volumes d'échantillons de matériaux >150 HV peut être réalisé sur une meule de prépolissage en oxyde d'aluminium ou sur un disque de prépolissage diamanté (MD-Piano). Le prépolissage plan des matériaux <150 HV peut être accompli sur papier de carbure de silicium.
Pour le prépolissage fin diamanté, le disque de prépolissage fin MD-Allegro est adéquat pour les matériaux >150 HV, et MD-Largo pour les matériaux <150 HV. Ceci est suivi d'un polissage diamanté 3µm soigneux, puis d'un bref polissage final à 1µm (voir Fig. 6-9).

Comme l'un des objectifs majeurs de la préparation d'un échantillon de poudre métallurgique est l'exposition de sa porosité vraie, il ne faudra pas négliger l'étape de polissage diamantée qui devra être suffisamment longue pour atteindre cet objectif ou aux suspensions aux oxydes. Pour les échantillons grands ou tendres, un

Méthode de préparation de la poudre de métal de bronze

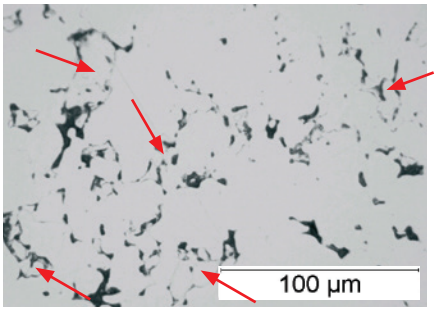


Fig. 9: Grossissement plus élevé de la surface de la Fig. 7, montrant les "couvercles" de métal recouvrant les pores

polissage diamanté de jusqu'à 10 à 15 minutes pourra s'avérer nécessaire afin d'éliminer le métal repoussé dans les pores au cours du prépolissage et ainsi révéler correctement la porosité. Pour les métaux tendres, le temps de polissage final ne devra pas être prolongé inutilement, car cela pourrait aboutir à un arrondissement des bords des pores.

En commençant avec une granulométrie de 500# ou 800#, les pièces "à vert" sont soumises à un prépolissage manuel sur papier de carbure de silicium jusqu'à 4000#. La surface pourra être réimprégnée si nécessaire. Le polissage pourra être réalisé sur une machine de polissage semi-automatique pour échantillons individuels.

Pour déterminer le temps de polissage exact pour des alliages et pièces spécifiques, il est

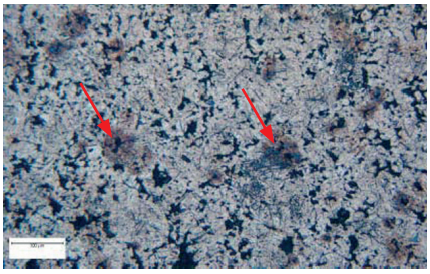


Fig.10: Auréoles dues à l'eau provenant du nettoyage pouvant aboutir à une mauvaise interprétation de la structure

recommandé d'en vérifier la structure toutes les deux minutes au microscope au cours du polissage, et de ne passer à l'étape de polissage suivante que lorsque tout le métal résiduel a été éliminé des pores. En général, la suspension P diamantée polycristalline est recommandée pour le polissage des métaux pulvérulents. Cependant, si le polissage est excessivement long, la suspension diamantée DiaPro pourra être utilisée à la place.

Prépolissage

Etape		PG	FG
Support		Foil/Paper	MD-Largo
Abrasif	Type	SiC	Diamond
	Dimension	#320	9 µm
Suspension/ Lubrifiant		Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
T/m		300	150
Force [N]		35	25
Temps		A besoin	4

Polissage

Step		DP	OP
Support		MD-Mol	MD-Chem
Abrasif	Type	Diamond	Silica
	Dimension	3 µm	0.04 µm
Suspension/ Lubrifiant		DiaPro Mol R3	OP-S NonDry
T/m		150	150
Force [N]		25	25
Temps		4	1

Tableau 1: Méthode de préparation pour 6 échantillons d'un métal pulvérulent de bronze, enrobés, 30 mm de dia., serrés dans un porte-échantillons, préparés sur le TegraSystem semi-automatique.

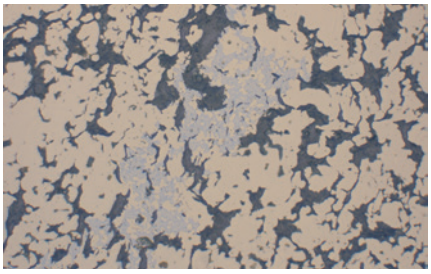


Fig.11: Bronze M/P, non-attaqué, contenant du graphite (gris), et un eutectoïde α-δ (bleu). 500x

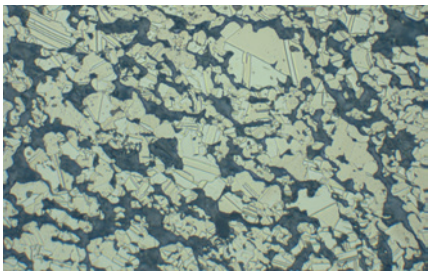


Fig.12: Comme Fig.11, attaqué à la chlorure de fer III, montrant la structure des grains du bronze. 500x

Méthode de préparation de la poudre de métal d'acier

Prépolissage

Etape		PG	FG
Support		Papier SiC 220#	MD-Allegro
Abra-sif	Type	SiC	Diamond
	Dimension	#220	9 µm
Suspension/ Lubricant		Eau	DiaPro Alegro/Largo 9
T/m		300	150
Force [N]		35	30
Temps		A besoin	5 min.

Polissage

Etape		DP 1	DP 2
Support		MD-Dac*	MD-Nap
Abra-sif	Type	Diamond	Diamond
	Dimension	3 µm	1 µm
Suspension/ Lubricant		DiaPro Mol B 3	DiaPro Nap B 1
T/m		150	150
Force [N]		30	20
Temps		6-8 min.	0,5-1 min.

Tableau 2: Méthode de préparation pour 6 échantillons d'acier en poudre métallurgique, enrobés, 30 mm de dia., serrés dans un porte-échantillons, préparés sur le TegraSystem semi-automatique.

**Le drap MD-Mol peut être utilisé alternativement.*

Nettoyage et séchage

Après le polissage, il est essentiel de nettoyer l'échantillon à l'aide d'un mélange eau/détergent afin d'éliminer des pores tout reste de suspension et lubrifiant de polissage. L'échantillon est alors rincé à l'eau, suivi par un rinçage soigneux à l'isopropanol, puis séché dans un courant d'air chaud, en tenant l'échantillon incliné. Ne pas diriger le courant d'air chaud directement du haut sur la surface de l'échantillon, car cela forcerait les liquides en dehors des pores, ce qui laisserait des auréoles sur la surface. Il est important d'utiliser un alcool de haute qualité pour le rinçage afin de limiter au maximum le risque d'auréoles.

Attaque

Il est recommandé tout d'abord d'examiner l'échantillon non-attaqué afin de vérifier la densité, la forme et la taille des pores, l'oxydation et les inclusions, les zones de frittage et de graphite libre (voir Fig.11 et 12). Il est important de connaître la densité théorique afin de pouvoir la comparer à la porosité.

Après cet examen initial, il est recommandé d'attaquer l'échantillon immédiatement pour éviter les auréoles conséquentes au séchage, qui pourraient se former lorsque les liquides de nettoyage et de séchage s'écoulent graduellement des pores. Pour les carbures frittés très denses, cela n'est pas aussi important que pour un métal pulvérulent de porosité assez considérable.

Pour révéler la structure, l'on peut utiliser les solutions d'attaque chimique ordinaires, employées pour les métaux et leurs alliages et qui sont recommandées dans les ouvrages spécialisés. La procédure suivante est recommandée pour l'attaque: mouiller la surface d'isopropanol, immerger l'échantillon, face vers le haut, dans le réactif d'attaque puis agiter légèrement. Lorsque le temps d'attaque adéquat est écoulé, sortir l'échantillon du réactif d'attaque, puis le rincer, soit à l'isopropanol, soit à l'eau, selon le réactif d'attaque utilisé (voir plus bas) et le sécher dans un courant d'air chaud. L'interprétation et la documentation photographique devront avoir lieu immédiatement après le séchage.

Le temps d'attaque dépend de l'alliage et demande une certaine expérience pour arriver à trouver la durée d'attaque correcte. Une attaque trop courte ne permettra pas d'obtenir un contraste suffisant des différentes phases. Par contre, si l'échantillon est sur-attaqué, il sera difficile de distinguer entre les différentes phases (voir Fig.15 - 17). Lors du travail avec un matériau non-familier, il est recommandé de réduire le temps d'attaque plutôt que de le prolonger, et de contrôler le résultat au microscope en premier lieu. L'attaque pourra être prolongée si nécessaire, mais si l'échantillon est surattaqué, il faudra reprocéder à un polissage.

Dans ce qui suit sont décrits quelques réactifs d'attaque ordinaires:

(Respecter les précautions de sécurité standard lors du mélange et du travail avec les réactifs d'attaque chimiques!)

Cuivre et alliages de cuivre:

1. 100 ml d'eau
   20 ml d'acide hydrochlorique
   5 g de chlorure de fer III
   10-20 sec.
   Rincer à l'eau, puis à l'isopropanol
2. 100 ml d'eau
   10 g de persulfate d'ammonium
   A utiliser frais seulement!
   Rincer à l'eau, puis à l'isopropanol

Acier:

1. 1-3% de nital pour alliages fer-carbone, alliages fer-carbone-cuivre et fer-molybdène pré-allié
   10-60 sec. selon le contenu en carbone

Méthode de préparation des carbures frittés

Prépolissage

Etape		PG	FG
Support		Piano 220#	MD-Allegro
Abra-sif	Type	Diamond	Diamond
	Dimension	#220	9 µm
Suspension/ Lubricant		Eau	DiaPro Alegro/Largo 9
T/m		300	150
Force [N]		30	30
Temps		A besoin	4 min.

Polissage

Etape		DP	OP
Support		MD-Dac	MD-Chem*
Abra-sif	Type	Diamond	Silica
	Dimension	3 µm	0.04 µm
Suspension/ Lubricant		DiaPro Dac	OP-U Nondry
T/m		150	150
Force [N]		30	20
Temps		4 min.	1 min.

Tableau 3 montre la méthode de préparation pour 6 échantillons de carbures frittés, enrobés, 30 mm de dia., serrés dans un porte-échantillons, préparés sur le TegraSystem semi-automatique.

**Etape optionnelle*

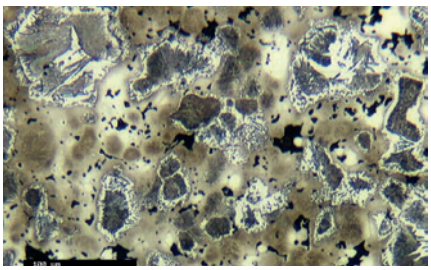


Fig.13: Acier M/P avec 5% C, pré-allié avec du Cu, Ni et Mo. Attaqué au picral, montrant des zones de perlite fine et ferrite blanche.

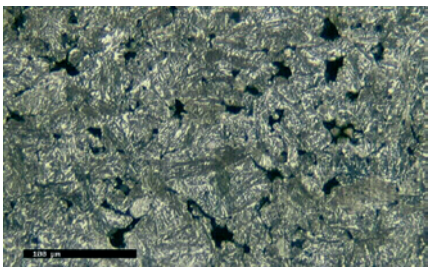


Fig.14: Acier M/P avec 0,8% C, pré-allié avec 1,5% de Mo. Attaqué au nital, montrant de la bainite dense

Rincer à l'isopropanol (fig.14)

2. Pour distinguer entre la martensite et l'austénite:
   100 ml d'éthanol
   4 g d'acide picrique
   10-60 sec. selon le contenu en carbone
   Rincer à l'eau, puis à l'isopropanol (Fig.13)

3. Pour un contraste entre la perlite, la bainite et la martensite:
   200 ml d'éthanol
   4 g d'acide picrique
   1-2 ml d'acide nitrique
   20-100 sec., selon le contenu en carbone et en éléments d'alliage
   Rincer à l'eau, puis à l'isopropanol

Aciers inoxydables:
Réactif d'attaque de Villela:
45 ml de glycérol
15 ml d'acide nitrique
30 ml d'acide hydrochlorique
De 30 sec. à 5 min.
Rincer soigneusement à l'eau, puis à l'isopropanol

Carbures de tungstène frittés:
Réactif d'attaque de Murakami
100 ml d'eau
10 g de potassium ou d'hydroxyde de sodium
10 g de ferrocyanide de potassium
Attaque par immersion ou par badigeonnement
Rincer soigneusement à l'eau, puis à l'isopropanol

Résumé

La métallurgie des poudres est une méthode de production de pièces à partir de métaux difficiles à allier, ou à partir de combinaisons de métaux et de non-métaux, pour tirer partie de leurs propriétés combinées. Bien que la métallurgie des poudres soit un processus onéreux, elle comporte l'avantage de produire, de façon économique, de grandes quantités de pièces petites et de formes compliquées à structures homogènes. La densité des pièces compressées et frittées affecte leur résistance, leur ductilité et dureté, le contrôle métallographique de la porosité fait donc partie intégrante du contrôle qualité.
Lors du prépolissage métallographique, le métal est repoussé dans les pores et si les étapes de polissage subséquentes ne sont pas effectuées correctement, des "couvercles" de métal résiduel, recouvrant les pores, fausseront l'évaluation correcte de la porosité.
Un prépolissage et polissage diamantés soigneux, avec contrôles microscopiques entre les étapes de polissage, assureront une représentation vraie de la structure.
Les procédures indiquées pour la préparation automatique et les réactifs d'attaque chimique ont été utilisées avec succès pour une application de routine en laboratoire et ont donné des résultats reproductibles.

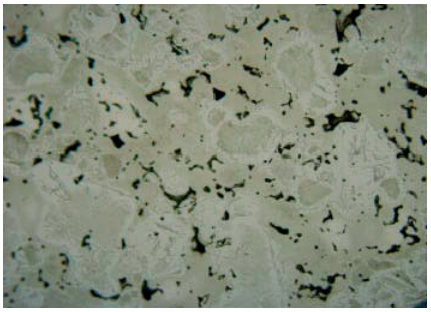


Fig.15: Attaque trop courte

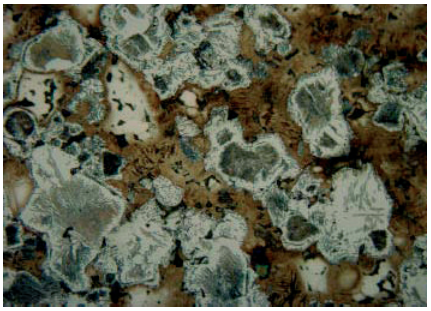


Fig.16: Attaque trop longue, sur-attaqué

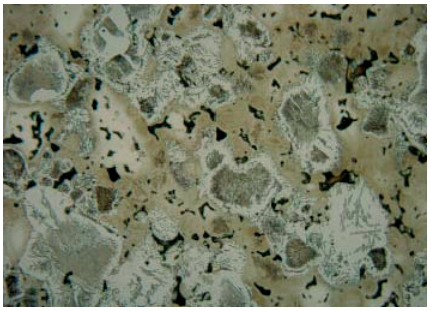
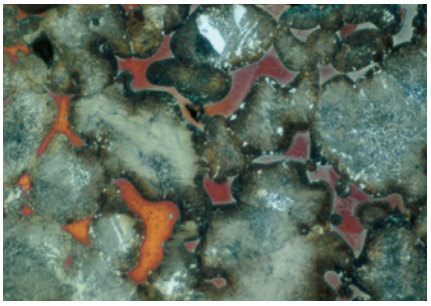


Fig.17: Attaque correcte

Auteurs
Elisabeth Weidmann, Birgitte Nielsen, Struers A/S, Copenhague, Danemark
Judy Arner, Struers Inc., Westlake, OH, Etats-Unis

Remerciements
Nous désirons remercier Höganäs AB, SE 26383 Höganäs, Suède, pour leur coopération et pour les informations et le matériel photographique (Fig.1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 et 13 - 17) qu'ils nous ont fourni. Nos remerciements tout particulier à M. Carlsson qui nous a généreusement fait partager son expérience professionnelle.

Bibliographie
Höganäs Handbook for sintered components, 6. Metallography, Höganäs AB, 1999
Höganäs iron and steel powders for sintered components, Höganäs AB, 1998
Structure 24, Metallographic examination of P/M stainless steel matrix composites, N. Frees, Institute for Product
Development, Technical University, Lyngby, Denmark, 1991
Metallographic etching, G.Petzow, ASM, Metals Park, Ohio, 1978



Acier en poudre métallurgique avec infiltration de cuivre

Struers ApS
Pederstrupvej 84
DK-2750 Ballerup, Denmark
Phone +45 44 600 800
Fax +45 44 600 801
struers@struers.dk
www.struers.com

AUSTRALIA & NEW ZEALAND
Struers Australia
27 Mayneview Street
Milton QLD 4064
Australia
Tel.: +61 7 3512 9600
Fax: +61 7 3369 8200
info.au@struers.dk

BELGIUM (Wallonie)
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F- 94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

BELGIUM (Flanders)
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

CANADA
Struers Ltd.
7275 West Credit Avenue
Mississauga, Ontario L5N 5M9
Tel.: +1 905-814-8855
Fax: +1 905-814-1440
info@struers.com

CHINA
Struers Ltd.
No. 1696 Zhang Heng Road
Zhang Jiang Hi-Tech Park
Shanghai 201203, P.R. China
Tel.: +86 (21) 6035 3900
Fax: +86 (21) 6035 3999
struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA
Struers GmbH Organizační složka
vědeckotechnický park
Přílepská 1920,
CZ-252 63 Roztoky u Prahy
Tel.: +420 233 312 625
Fax: +420 233 312 640
czechrepublic@struers.de
slovakia@struers.de

GERMANY
Struers GmbH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
D- 47877 Willich
Tel.: +49 (0) 2154 486-0
Fax: +49 (0) 2154 486-222
infoservice@struers.de

FRANCE
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F-94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

HUNGARY
Struers GmbH
Magyarországi Fióktelep
2040 Budaörs
Szabadság utca 117
Phone +36 (23) 80 60 90
Fax +36 (23) 80 90 91
hungary@struers.de

IRELAND
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution@ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

ITALY
Struers Italia
Via Monte Grappa 80/4
20020 Arese (MI)
Tel.: +39-02/38236281
Fax: +39-02/38236274
struers.it@struers.it

JAPAN
Struers K.K
Takanawa Muse Bldg. 1F
3-14-13 Higashi-Gotanda,
Shinagawa
Tokyo
141-0022 Japan
Tel.: +81 3 5488 6207
Fax: +81 3 5488 6237
struers@struers.co.jp

NETHERLANDS
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

NORWAY
Struers ApS, Norge
Sjøskogenveien 44C
1407 Vinterbro
Tel.: +47 970 94 285
info@struers.no

AUSTRIA
Struers GmbH
Zweigniederlassung Österreich
Betriebsgebiet Puch Nord 7
5412 Puch
Tel.: +43 6245 70567
austria@struers.de

POLAND
Struers Sp. z o.o.
Oddział w Polsce
ul. Jasnogórska 44
31-358 Kraków
Tel.: +48 12 661 20 60
Fax: +48 12 626 01 46
poland@struers.de

ROMANIA
Struers GmbH, Sucursala Bucuresti
Str. Preciziei nr. 6R
062203 sector 6, Bucuresti
Tel.: +40 (31) 101 9548
Fax: +40 (31) 101 9549
romania@struers.de

SWITZERLAND
Struers GmbH
Zweigniederlassung Schweiz
Weissenbrunnenstraße 41
CH-8903 Birmensdorf
Tel.: +41 44 777 63 07
Fax: +41 44 777 63 09
switzerland@struers.de

SINGAPORE
Struers Singapore
627A Aljunied Road,
#07-08 BizTech Centre
Singapore 389842
Tel.: +65 6299 2268
Fax: +65 6299 2661
struers.sg@struers.dk

SPAIN
Struers España
Camino Cerro de los Gamos 1
Building 1 - Pozuelo de Alarcón
CP 28224 Madrid
Tel.: +34 917 901 204
Fax: +34 917 901 112
struers.es@struers.es

FINLAND
Struers ApS Suomi
Sahaajankatu 20-22 A6
00880 Helsinki
Tel.: +358 (0)207 919 430
finland@struers.fi

SWEDEN
Struers Sverige
Box 20038
161 02 Bromma
Tel.: +46 (0)8 447 53 90
Fax: +46 (0)8 447 53 99
info@struers.se

UNITED KINGDOM
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution @ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

USA
Struers Inc.
24766 Detroit Road
Westlake, OH 44145-1598
Tel.: +1 440 871 0071
Fax: +1 440 871 8188
info@struers.com

23.01.2020 / 62340805