Préparation métallographique du cuivre et des alliages de cuivre

Struers
Ensuring Certainty

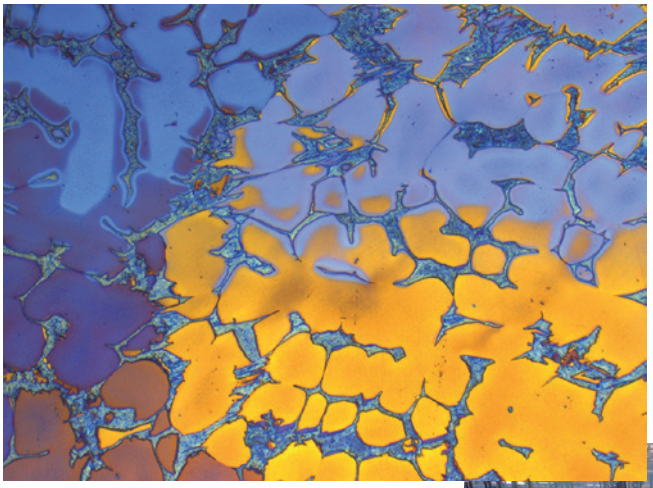
Application Notes

Le cuivre, ainsi que l'or et l'étain, est l'un des tout premiers métaux utilisés par nos ancêtres. La facilité avec laquelle il est possible de le former, sa belle couleur et sa résistance à la corrosion, ont fait de lui un métal très prisé pour la fabrication des premières armes, bijoux, objets liturgiques et domestiques.

Le cuivre métallique est connu depuis environ 9000 ans av. J.C. et il est largement utilisé depuis 5000 ans av. J.C. Lorsque la valeur de son alliage à l'étain a été reconnue, les débuts de l'Age de Bronze ont marqué un profond développement culturel et économique en Europe et dans les pays méditerranéens.

Au niveau historique, la fonte du bronze a une longue tradition, mais ce n'est que depuis les années 20 que le laminage à chaud et le filage du cuivre et de ses alliages sont pratiqués. De nos jours, la plus grande partie de la production de cuivre est sous forme battue et, grâce à l'excellente conductivité électrique du cuivre, celui-ci est utilisé pour la fabrication des câbles ou des composants des appareillages de commutation, des transformateurs, des enroulements de moteur et des générateurs. Le cuivre sans oxygène est principalement utilisé dans l'industrie de l'électronique.

La résistance à la corrosion et la conductivité thermique élevée du cuivre le rendent parfait pour les tubes, récipients et les échangeurs de chaleur dans l'industrie chimique et alimentaire. En dehors des applications traditionnelles du cuivre pour les tuyaux d'eau et de chauffage, les architectes ont, ces dernières années, découvert l'intérêt de concevoir les façades en feuilles de cuivre oxydées.



Bronze d'aluminium, CuAl8, montre une structure dendritique avec eutectique α-δ. Attaque colorée selon Klemm, lumière pol., 100x.

La métallographie du cuivre et de ses alliages sert pour la mesure de la taille de grain et les contrôles de pureté en permettant de qualifier et de quantifier le contenu en oxyde de cuivre. Parfois, dans certains laitons, la répartition du plomb est déterminée, car elle peut influencer le processus d'usinage. Dans les alliages coulés, la microstructure générale et la répartition de l'eutectique ou du plomb est évaluée, ainsi que la présence des cavités dues au retrait ou celle de la porosité.

Difficultés de préparation du cuivre et de ses alliages

Le cuivre pur est tendre et ductile, facile à déformer et a tendance à former des rayures.

Les bronzes, et même certains laitons plus durs, peuvent être sujets à une formation de rayures importantes.

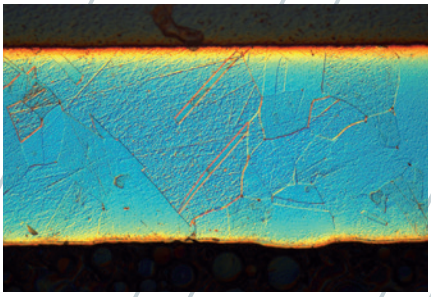


Fig.1: Fil de cuivre pur, après polissage final à l'OP-S, DIC, 200x.

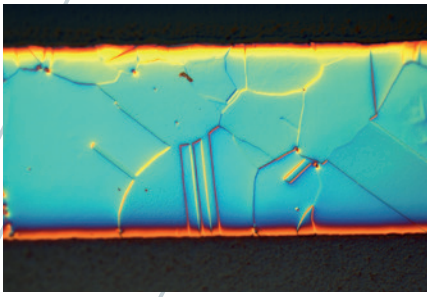


Fig. 2: Même échantillon que la Fig.1 après polissage final à l'OP-S-eau ammoniacale – mélange de péroxyde d'hydrogène, DIC, 200x.

Solution

- Eviter les abrasifs de prépolissage grossiers
- Polissage diamanté soigné sur draps doux
- Polissage fin chimique-mécanique

Production et application

Fig. 3:
Raffinage électrolytique

Cuivre
de la matière brute au cuivre électrolytique

Bien que le cuivre métallique se trouve naturellement, il est principalement extrait des minerais sulfurés par un processus de fonte métallurgique. Une petite quantité de cuivre est également produite par le processus hydrométallurgique. Vous trouverez, ci-dessous, une brève description des quatre étapes du processus de production du cuivre.

1. Matte de cuivre, 75% Cu: au cours de ce premier processus de fonte pour l'extraction, des concentrés de cuivre, principalement de la chalcopyrite (CuFeS2), sont grillés et fondus avec des flux dans un four éclair à l'oxygène servant à matter le cuivre. La matte est un mélange de sulfure de cuivre et de sulfure de fer et contient environ 75% de cuivre.

2. Cuivre blister, 96-98% Cu: dans un convertisseur, de l'air est soufflé dans la matte liquide pour oxyder les sulfures. Du cuivre blister est alors obtenu contenant environ 96-98% de cuivre.

3. Le cuivre anode, 99% Cu: le cuivre blister est raffiné dans le four à anode. Il est fondu avec des déchets de cuivre et des restes d'anode de l'affinage électrolytique. L'air soufflant dans la coulée produit une atmosphère oxydante qui réduit les impuretés qui sont alors déchargées comme scories. Le contenu élevé en oxygène de la coulée doit être diminué à moins de 0,1%, car les oxydes de cuivre fragilisent le cuivre. Le contenu en oxygène décroît en soufflant du gaz naturel dans la coulée, ce qui réduit l'oxyde de cuivre en cuivre, en dégageant de la vapeur et du dioxyde de carbone. Le cuivre obtenu est pur à 99% et est coulé en anodes qui sont, par la suite, utilisées pour l'affinage électrolytique.

4. Affinage électrolytique, cathodes de cuivre, 99,99% Cu: les anodes de cuivre sont toujours contaminées par des métaux tels que le Ni, Pb, Ag, Pd et Au. Lors du processus d'affinage électrolytique, du cuivre de grande pureté est produit ce qui fait que les impuretés se déposent au fond des cellules électrolyses et sont récupérées. Une solution d'acide sulfurique et de sulfate de cuivre (II), agit comme électrolyte. L'utilisation du courant direct initie le processus d'oxydation de l'anode, qui est dissoute, et le cuivre pur se dépose sur la cathode "feuille inductrice" de cuivre pur ou d'acier inoxydable, à partir de laquelle il est enlevé mécaniquement.
Les plaques de cathode de ce cuivre très pur sont fondues avec 50% de déchets de cuivre

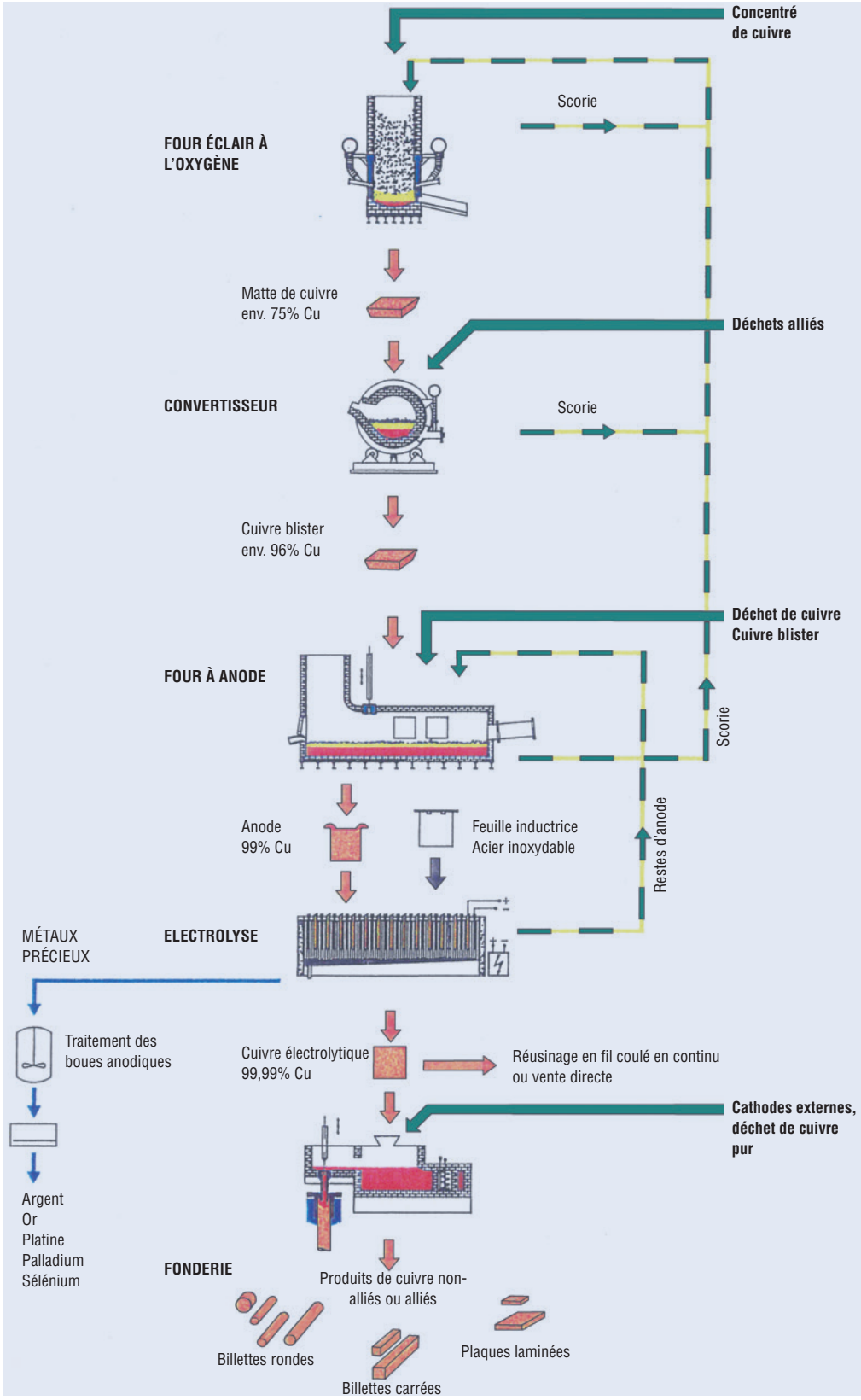


Diagramme schématique simplifié de la production du cuivre

Fig.4:
Soupape de régulation pour la distribution d'eau potable.

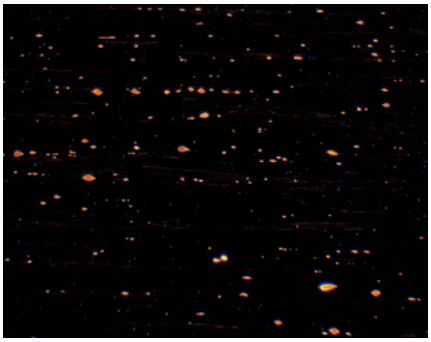


Fig. 5: Cuivre avec oxydes de cuivre rouge, fond noir, 500x.

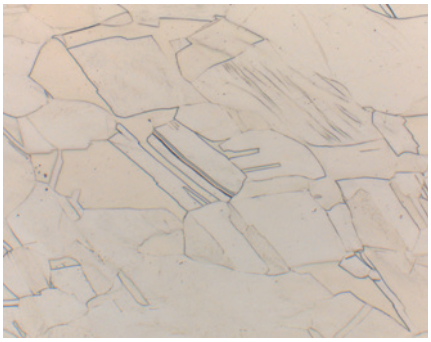


Fig. 6: Cuivre exempt d'oxygène, attaqué au péroxydisulfate d'ammonium, 100x.

Ambassade danoise, Berlin, avec façade plaquée de plaques de cuivre oxydé.

Remerciement: Ministère des Affaires Etrangères danois

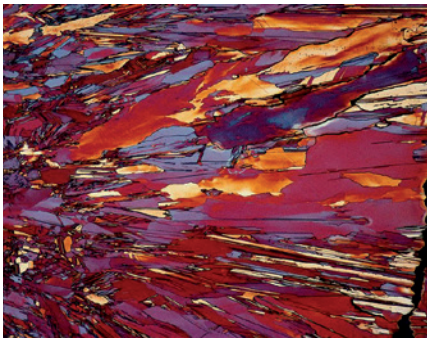


Fig. 7: Cathode de cuivre, attaquée selon Klemm, 100x.

pur puis coulées en plaques, en billettes cylindriques et carrées qui sont alors transformées en feuilles, tuyaux, câbles et coulées. (Pratiquement la moitié de la demande de cuivre aujourd'hui est couverte par les déchets de cuivre et le cuivre recyclé.)

Avec l'accroissement de la pureté, la conductivité électrique et thermique ainsi que le prix du cuivre augmentent. Ainsi, l'emploi du cuivre pur va dépendre de l'application du produit. En raison de ses propriétés excellentes, le cuivre sans oxygène pour les composants électroniques (OFE) est utilisé comme matériau de base pour les semiconducteurs, interrupteurs et les bagues d'étanchéité dans la technologie du vide et les tubes électroniques.

La plus grande quantité de cuivre est utilisée dans le domaine du bâtiment pour les façades, les toits, les tuyaux d'eau potable et les installations de chauffage, ainsi que dans l'industrie des composants électriques pour les bobines de moteur, les générateurs et les systèmes d'alimentation en courant. Parmi les autres domaines d'application, il y a la cryogénie et la technologie de climatisation, l'industrie chimique et des boissons, ainsi que la technologie brassicole.

Alliages de cuivre

Il existe une grande variété d'alliages de cuivre, cependant, le zinc (laiton) et l'étain (bronze) sont les éléments d'alliage les plus importants pour le cuivre. Certains des alliages les plus importants et leurs applications seront brièvement décrits à la section suivante.

Les laitons sont des alliages de cuivre contenant de 5 à 45% de zinc. Le cuivre a une solubilité élevée pour le zinc et les alliages sont très homogènes. Le laiton avec moins de 28% de zinc est appelé le laiton rouge et est tout particulièrement indiqué pour l'usinage. Lorsque le contenu en zinc augmente, la couleur rougeâtre du cuivre prend celle plus jaune du laiton. Les alliages contenant jusqu'à 37% de zinc sont constitués d'une solution
α solide et sont adéquats pour le façonnage à froid. Si son contenu en zinc est plus élevé, le laiton devient plus dur et donc plus facile à usiner. A partir de 38% de zinc, les alliages montrent une microstructure biphasée α-β adéquate pour le façonnage à chaud. En ajoutant de l'aluminium, du manganèse, du fer, du nickel et de l'étain, des types de laiton spéciaux peuvent être produits ayant des propriétés chimiques ou mécaniques spécifiques. Des additions de petites quantités de plomb améliorent l'usinabilité du laiton.

Selon leur contenu en zinc, différents laitons sont utilisés dans différents domaines d'application: des montres et bijoux à la technologie électronique (CuZn5), aux ressorts, vis, tiges, des pièces de matrices de forgeage (CuZn30) aux armatures (CuZn40) et paliers

Fig. 8: Cages anti-friction et de roulement en laiton.

Fig. 9: tubes et profils de bronze corroyé.

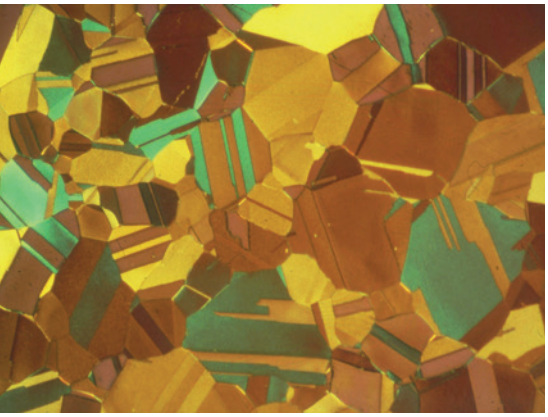


Fig.10: Laiton α, après attaque colorée, 200x.

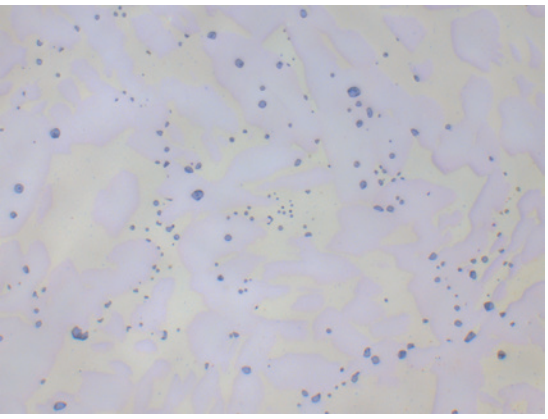


Fig.11: Pièce coulée en laiton α-β (CuZn40Pb2) avec inclusions de plomb gris-bleues, non-attaquée, 500x.

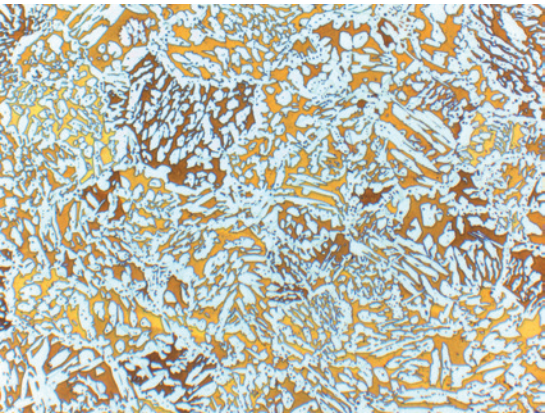


Fig.12: pièce coulée en laiton α-β, attaquée selon Klemm, solution α-solide claire dans une matrice sombre de solution α-solide, 100x.

pour les boîtiers de pompes résistants à l'eau de mer (CuZn10Sn2).
Les bronzes sont des alliages cuivre-étain subdivisés en alliages corroyés, contenant jusqu'à 8,5% d'étain, en alliages coulés, avec généralement de 9 à 12% d'étain, ainsi qu'en alliages dits coulés en cloche contenant jusqu'à 20% d'étain.

Selon les propriétés désirées, des petites quantités de zinc et de phosphore peuvent être ajoutées aux alliages corroyés, par exemple pour les paliers. Ces alliages sont appelés les bronzes phosphoreux. Le plomb, le nickel et le fer sont des additions habituelles aux alliages coulés.

Les alliages de Cu-Sn-Zn sont appelés bronzes industriels. Ils sont souvent utilisés pour la fabrication des paliers lisses, des engrenages à vis sans fin, des coussinets de paliers; des pièces nécessitant une surface de palier capable de résister aux charges de contact élevées. En plus d'une bonne résistance à la corrosion, le bronze industriel a un coefficient de friction bas ce qui signifie qu'il peut opérer sous de telles conditions sans grippage.

Les bronzes d'aluminium sont des alliages de cuivre contenant jusqu'à 11% d'aluminium, montrant une grande résistance aux températures élevées et une très bonne résistance à la corrosion. Ils sont indiqués pour les hélices marines, les rotors de pompes et les turbines à eau soumises à beaucoup de contrainte, et les paliers et pièces pour l'industrie chimique. Les alliages corroyés de cuivre-aluminium sont utilisés dans la construction mécanique et légère.

Le bronze au béryllium est très résistant et dur, avec cette propriété spécifique de ne pas faire d'étincelles lorsqu'il frappe ou rentre en contact avec d'autres métaux. Ce type de bronze est donc idéal pour les outils utilisés dans un environnement explosif tel que les raffineries.

Dû à leur excellente résistance à la corrosion, les alliages de cuivre-nickel sont utilisés dans les usines de dessalement, pour les pièces de monnaie, les fils chauffants dans les grille-pains et les sèche-cheveux. Les alliages de cuivre-nickel-zinc, désignés maillechort, montrent une résistance élevée, résistent à la corrosion et se façonnent facilement. Leurs domaines d'application sont les instruments chirurgicaux, l'industrie alimentaire, le métal

Fig.13: Boîtier de pompe coulé en bronze.

Fig.14: Gaines en bronze corroyé avec graphite.

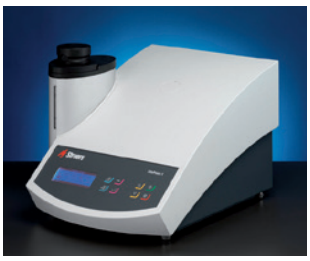
de base pour la coutellerie en argent, les contacts dans les connecteurs et la bijouterie.

Difficultés de préparation du cuivre et de ses alliages

Plus sa pureté augmente, plus le cuivre devient tendre et sujet à la déformation mécanique et aux rayures. En conséquence, le prépolissage peut causer une profonde déformation dans le cuivre à haut degré de pureté alors que les abrasifs de prépolissage et polissage peuvent être pressés dans la surface. Les alliages de cuivre sont plus durs, mais ont toujours tendance aux rayures qui, dans certains bronzes, n'apparaissent que dans des grains spécifiques.

Recommandations pour la préparation du cuivre et de ses alliages

Pour le **tronçonnage** du cuivre, une meule de tronçonnage dure en carbure de silicium est utilisée, généralement conçue pour les métaux non-ferreux. Pour **l'enrobage,** une



CitoPress: Presse d'enrobage à chaud

résine phénolique est, dans la plupart des cas, suffisante.

Prépolissage et polissage mécaniques

Il est recommandé de réaliser le prépolissage plan avec une granulométrie la plus fine possible afin d'éviter toute déformation mécanique excessive. La dureté, la taille et le nombre d'échantillons doivent être pris en considération, mais même avec les échantillons de cuivre pur plus grands, un prépolissage plan sur papier SiC de granulométrie 500 est suffisant. Les grandes pièces coulées d'alliage de cuivre peuvent être prépolies à une granulométrie 220 ou 320. Il est aussi essentiel que la force employée pour le prépolissage soit basse afin d'éviter une déformation profonde.

Comme indiqué sur le tableau contenant les données de préparation, pour les alliages tendres, le prépolissage fin sur papier SiC à granulométrie fine est recommandé, alors que MD-Largo avec du diamant peut être employé pour les alliages plus durs. Une meilleure planéité et netteté des bords sont obtenues sur MD-Largo.

Le polissage diamanté doit être poursuivi jusqu'à ce que toute déformation et abrasifs incrustés, provenant du prépolissage, soient éliminés. Le polissage fin chimique-mécanique à l'oxyde de silicium est particulièrement important, car une surface pratiquement sans rayures peut alors être obtenue. Pour le cuivre pur, le polissage final avec une solution contenant du nitrate de fer s'est révélé donner de très bons résultats, et pour les alliages de cuivre, un mélange de suspension OP-S avec du peroxyde d'hydrogène et de l'eau ammoniacale est recommandé (pour la formule, voir sous le tableau). Après 1 minute de polissage, le résultat est vérifié au microscope. Si nécessaire, celui-ci devra être poursuivi pendant encore une minute et le résultat vérifié de nouveau. Il est recommandé de poursuivre cette séquence de polissage/vérification jusqu'à ce que la qualité de résultat requise soit atteinte. Si l'attaque est trop rapide ou trop forte, le mélange devra être dilué dans l'eau.
(Environ 30 s après la fin du polissage, de l'eau est versée sur le drap de polissage pour rincer l'échantillon ainsi que le drap. Puis, l'échantillon est de nouveau nettoyé à l'eau du robinet et séché.)

Les données de préparation indiquées sont pour le prépolissage et polissage automatiques de 6 échantillons enrobés, 30 mm de diamètre, bridés dans un porte-échantillons.

Le polissage électrolytique est adéquat pour le cuivre pur et les alliages corroyés de laiton α. Le laiton α-β biphasé peut également être poli électrolytiquement, mais les résultats ne sont pas vraiment appropriés pour les analyses quantitatives, surtout si les alliages contiennent du plomb.

Un bon polissage électrolytique commence par un prépolissage fin sur papier SiC jusqu'à une granulométrie de 2400 ou 4000. En raison des différentes phases dans les alliages coulés, ceux-ci ne sont pas adaptés pour le polissage électrolytique.

Electrolyte:	**D2**
Surface:	**0,5 cm²**
Tension:	**24 V**
Flux:	**10**
Temps :	**20 s**

Immédiatement après le polissage, l'échantillon peut être attaqué avec le même électrolyte pendant 4 secondes à 2-4 volts.

Préparation mécanique

Cuivre pur et alliages de cuivre à faible contenu d'alliage

Prépolissage

Etape		PG	FG 1	FG 2	FG 3
Etape		Foil/Paper	Foil/Paper	Foil/Paper	Foil/Paper
Abrasif	Type	SiC	SiC	SiC	SiC
	Taille	#500	#800	#1200	#4000
Suspension / Lubrifiant		Eau	Eau	Eau	Eau
t/m		300	300	300	300
Force (N)		25	25	25	25
Temps		Selon besoin	1 min.	1 min.	1 min.

Polissage

Etape		DP	OP
Etape		MD-Mol	MD-Chem
Abrasif	Type	Diamond	
	Taille	3 µm	
Suspension / Lubrifiant		DiaPro Mol R 3	Nitrate de fer (III)*
t/m		150	150
Force (N)		25	15
Temps		4 min.	1 min.

** Mouiller le drap de polissage à l'eau et polir avec quelques gouttes de réactif d'attaque sans aucun produit de polissage. Formule: Voir le tableau page 6.*

Alliages de cuivre

Prépolissage

Etape		PG	FG
Etape		Foil/Paper	MD-Largo
Abrasif	Type	SiC	Diamond
	Taille	#220 or #320	9 µm
Suspension / Lubricant		Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
rpm		300	150
Force (N)/specimen		30	30
Time		Selon besoin	4 min.

Polishing

Etape		DP	OP
Etape		MD-Mol*	MD-Chem
Abrasif	Type	Diamond	Collodial Silica
	Taille	3 µm	0.04 µm
Suspension / Lubrifiant		DiaPro Mol R 3	OP-S NonDry**
t/m		150	150
Force (N)		25	15
Temps		3 min.	1-2 min.

**Alternative: MD-Dac*

***96 ml OP-S, 2 ml ammonia water (25%), 2 ml hydrogen peroxide (3%)*

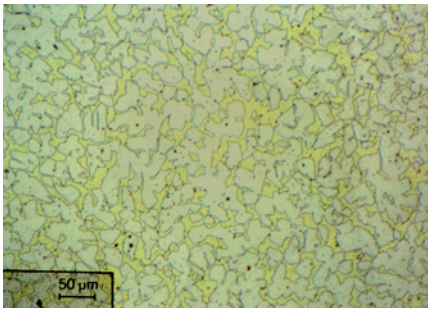


Fig.15. pièce coulée en laiton α-β, polie mécaniquement, non-attaquée, 200x.

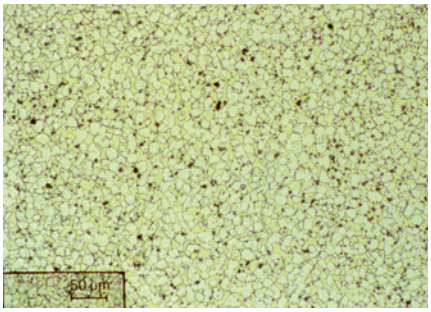


Fig.16: Même échantillon que la Fig.15 poli électrolytiquement, non-attaqué, 200x.
Les inclusions de plomb sont arrachées et semblent plus grosses et plus nombreuses que sur la Fig.15.

Attaque

Il existe de nombreux réactifs d'attaque pour le cuivre et ses alliages qui sont relativement faciles à appliquer. La plupart des alliages coulés ne sont pas difficiles à attaquer. Il peut s'avérer plus difficile de trouver la bonne solution d'attaque pour certains alliages corroyés, surtout lorsqu'ils ont été rigoureusement écrouis. Dans ces cas-là, une attaque colorée peut s'avérer utile.
Il faut souligner que le plomb est corrodé par les réactifs d'attaque, et généralement, il ne reste que des cavités noires. Les micrographies qui serviront à documenter la quantité et la répartition du plomb devront toujours être prises avant l'attaque. La couleur du plomb pur est gris-bleue.

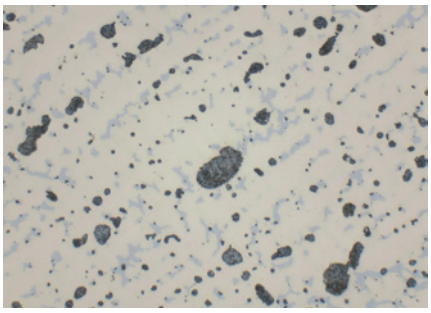


Fig.17: Coulée de bronze, CuSn8Pb, non-attaquée, grosses et petites inclusions de plomb bleu-grises, eutectoïde α-δ bleu pâle discernable, 500x.

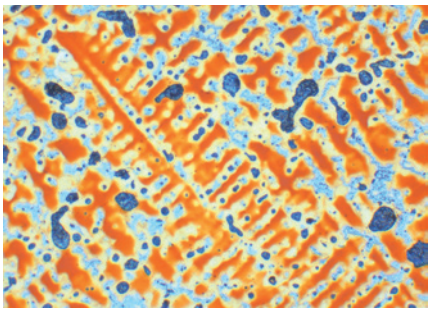
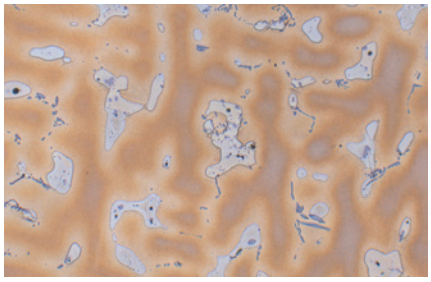


Fig.18: Même échantillon qu'à la Fig.17, attaqué en couleur selon Klemm, structure dendritique avec eutectoïde bleu clair et inclusions de plomb bleues. Les petites inclusions de plomb ne peuvent pas être clairement différentiées, 500x .



Coulée de bronze, CuSn10, attaquée à la chlorure de fer (III), structure dendritique eutectique α-δ, 200x.

Application	Réactif d'attaque
Attaque de la surface de grain pour le cuivre, le laiton et les bronzes	100 ml d'eau 10 g peroxydisulfate d'ammonium A utiliser frais!
Tous les types de cuivre	100-120 ml d'eau ou d'éthanol 20-50 ml d'acide hydrochlorique 5-10 g de chlorure de fer (III) (concentration variable)
	25 ml d'eau distillée 25 ml d'eau ammoniacale 5-25 ml de peroxyde d'hydrogène, 3%
Limites de grain Surface de grain	Moins de peroxyde d'hydrogène Plus de peroxyde d'hydrogène
Laiton α-β	120 ml d'eau 10 g chlorure de cuivre ammonium (II) Ajouter de l'eau ammoniacale jusqu'à ce que le précipité soit dissous.
Polissage rapide et efficace pour le cuivre pur	100 ml d'eau 100 ml d'éthanol 19 g de nitrure de fer (III)
Attaque colorée selon Klemm	100 ml de thiosulfate de sodium saturé à froid 40 g métabisulfite de potassium

Résumé

Grâce à sa bonne formabilité, à sa conductivité électrique et thermique élevée et à sa résistance à la corrosion, le cuivre pur est principalement utilisé dans les constructions électriques, l'industrie électronique et l'industrie alimentaire et des boissons. L'application du laiton et bronze corroyés et des alliages coulés s'étend des petites pièces aux boîtiers de pompe résistants à l'eau de mer. La métallographie du cuivre et de ses alliages sert au contrôle qualité, principalement pour un contrôle de la pureté et la détermination de la taille du grain. De plus, les alliages coulés sont examinés pour une évaluation générale de la structure. Le cuivre est tendre et ductile et a particulièrement tendance à la déformation mécanique. Pour la première étape de prépolissage fin, il faudra donc prendre soin d'utiliser une granulométrie la plus fine possible. Le polissage diamanté est réalisé sur draps moyennement doux à doux et peut être relativement long pour le cuivre pur. Le polissage final chimique-mécanique à la suspension OP-S est essentiel et produit une surface sans rayures. Les alliages corroyés sans plomb peuvent également être polis électrolytiquement. L'attaque aux réactifs d'attaque ordinaires est très facile, alors que l'attaque colorée peut révéler certaines structures intéressantes dans les bronzes moulés.

Auteurs

Elisabeth Weidmann, Anne Guesnier, Struers A/S

Remerciements

Nous désirons remercier Gebr. Kempe Ople, Allemagne, pour sa permission de reproduire les photos du boîtier de la pompe Fig. 13 et soupape Fig. 14.

Nous désirons remercier la buntmetall amstetten Ges.m.b.H. Amstetten, Autriche, pour le matériau échantillon et remercions tout particulièrement Silivia Topsever, Siegfried Pirschl pour leur soutien.

Nous souhaitons remercier la Enzesfeld-Caro Metallwerke AG, Enzesfeld, Autriche, pour leur permission de reproduire les Fig. 8, 9 et 14, et tout particulièrement Andreas Drivodelits pour son soutien.

Nous remercions G. Kiessler et G. Elsner, Max-Planck Institut für Metallforschung, Stuttgart, Allemagne, pour leur permission de reproduire les Fig. 15 et 16.

Merci également au Deutsches Kupferinstitut (Institut du cuivre allemand), Düsseldorf, Allemagne, pour leur permission de reproduire la Fig. 3.

Tous nos remerciement à Wieland Fischer, Struers GmbH, Willich, Allemagne, pour les micrographies Fig. 1 et 2.

Bibliographie

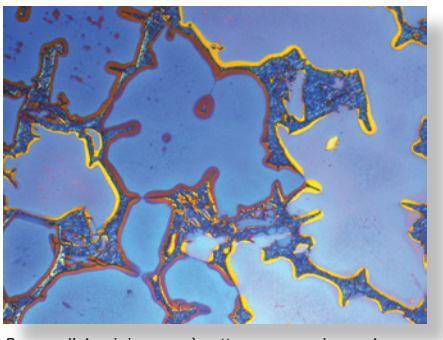
Informations imprimées actuelles du Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, Allemagne

ASM Handbook, Vol. 9, Metallography and Microstructures, ASM, 2004

Metal Handbook, Desk Edition, ASM, 1997

Handbuch der metallographischen Ätzverfahren, M. Beckert und H. Klemm, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1976

Metallographische Anleitung zum Farbätzen nach dem Tauchverfahren, E. Weck, E. Leistner, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1982



Bronze d'aluminium, après attaque en couleur selon Klemm, lumière pol., 200x.

Struers
Ensuring Certainty

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

28.01.2020 / 62340408.