Préparation métallographique de la fonte

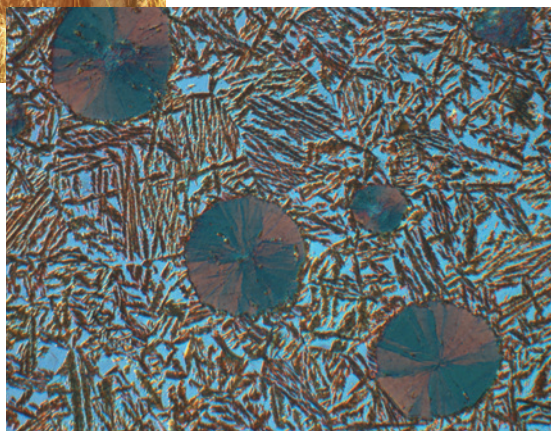
Struers
Ensuring Certainty

Application Notes

Le fer est l'un des métaux les plus diversifié et lorsque allié au carbone et autres éléments, il offre une variété énorme de fontes et alliages d'aciers. La fonte était déjà produite en Chine en 600 av. J.C. et en Europe, elle n'a fait son apparition qu'au 14ème siècle. Avec le développement des hauts-fourneaux au charbon, les propriétés du fer se sont améliorées et une meilleure coulabilité a permis d'accéder à de nouveaux domaines d'application pour des produits de la vie quotidienne. Avec l'industrialisation, la fonte est devenue un matériau de construction d'importance, comme en témoignent toujours les immeubles du 19ème siècle: les dômes des gares de trains, les marchés couverts, les serres des jardins botaniques, les ponts et la Tour Eiffel sont toujours là pour documenter l'application substantielle de la fonte à cette époque-là.

Le terme de fonte fait référence à ces alliages de fer-carbone-silicium contenant de 2,5 % à 4 % de carbone, et habituellement de 1 à 3 % de silicium. La fonte est un matériau de construction majeur associant un certain nombre d'avantages, principalement une bonne coulabilité et usinabilité ainsi que des propriétés mécaniques modérées.

En raison de ses avantages économiques, la fonte est utilisée pour de nombreuses applications dans l'industrie automobile et mécanique. De plus, certaines fontes spécifiques représentent le matériau de prédilection pour les corps de pompes à eau maritimes, les rouleaux de laminoires et les pièces de matériel de terrassement. Comme la morphologie du graphite a une influence majeure sur les propriétés mécaniques de la fonte, le contrôle qualité métallographique de la fonte grise fait partie intégrante de son processus de production. Grâce à l'utilisation de tableaux de comparaison de référence standard et/ou de techniques d'analyse par images, la morphologie, la taille et la répartition du graphite sont déterminées sur un échantillon non-attaqué et poli. Selon la spécification, l'échantillon est alors attaqué pour contrôler la structure de la matrice.



Fonte à trempe bainitique ductile, après attaque colorée de Beraha, DIC, 500x

Difficultés rencontrées lors de la préparation métallographique

Tronçonnage: la fonte blanche est très dure et donc difficile à tronçonner.
Prépolissage et polissage: le graphite est tendre et le maintenir dans sa forme et dimension réelles peut s'avérer difficile. La matrice des fontes ferritique et/ou austénitique a tendance à se déformer et à se rayer.

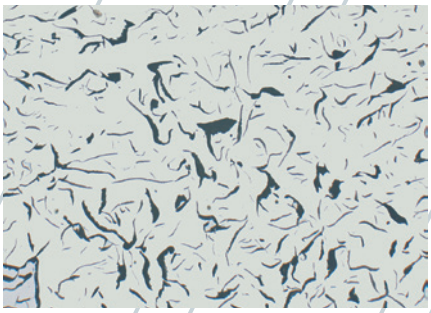


Fig.1: Fonte grise avec graphite lamellaire. Polissage incorrect 200x

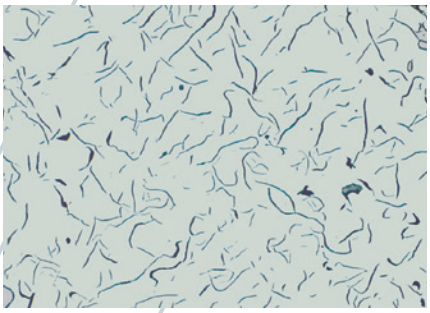


Fig. 2: Pareil à Fig.1, mais après polissage correct 200x

Solution:

- Meule de tronçonnage en nitrure de bore cubique
- Polissage diamanté soigneux sur draps de polissage durs et polissage final aux oxydes

Production et application des fontes

Fig. 6: Tubulure d'échappement, fonte graphite compactée

Production
Les fontes sont fondues dans des cubilots ou fours à induction chargés généralement de fonte brute, bocage de fonte, déchets d'acier et diverses additions. La composition d'alliage et le taux de refroidissement détermineront la nuance grise ou blanche de solidification du fer.
Un taux de refroidissement rapide aboutira à une nuance de solidification blanche et à la formation de carbure de fer (Fe_3C ou cémentite).
Lors de la transformation eutectoïde, un taux de refroidissement rapide activera la formation de perlite, alors qu'un taux de refroidissement lent activera la formation de graphite et ferrite.
La microstructure des fontes grises peut soit exhiber une matrice perlitique et/ou ferritique avec du graphite libre en forme de lamelles, nodules ou carbone de recuit respectivement.
Grâce au processus d'alliage et traitement thermique, les propriétés de la fonte peuvent être adaptées à certaines applications, par exemple un alliage au molybdène et nickel améliorera sa résistance à la chaleur et à la corrosion.
Dans ce qui suit, les différentes fontes seront brièvement décrites et leurs domaines d'application majeurs seront mentionnés.

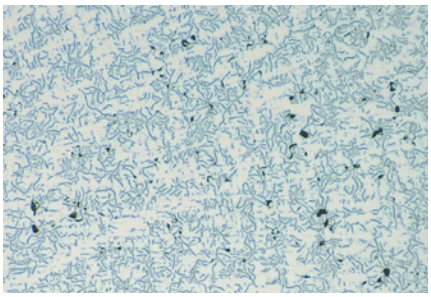


Fig. 3: Fonte grise avec graphite lamellaire, non-attaquée *100x*

La fonte grise avec graphite lamellaire (FG) contient entre 2,5 et 4% de carbone, 1 à 3% de silicium et 0,2 à 1% de manganèse. Le carbone et le silicium activent la formation de lamelles de graphite et de ferrite. Le phosphore, en petites quantités, augmente la fluidité de la fonte grise. Il forme également un eutectique phosphoreux ternaire appelé "stéadite", qui constitue une structure en toile, augmentant la résistance à l'usure.
Dans sa forme lamellaire, le graphite interrompt la matrice métallique et agit aussi comme des entailles diminuant la résistance à la traction, tout particulièrement lorsque les lamelles sont très grandes. Dans une fonte grise alliée, les meilleures propriétés mécaniques peuvent être

Fig. 4: Fonte grise avec graphite lamellaire dans matrice perlitique *200x*

obtenues par des lamelles de graphites fines et uniformément réparties dans la matrice perlitique (voir les Fig. 3 et 4). La fonte grise a une capacité élevée d'amortissement des vibrations, des propriétés de glissement et une conductivité thermique excellentes, la rendant idéale pour les bases de machine, les plaques amortissantes pour pianos, les blocs-moteur, les volants, les garnitures de piston, les disques de frein et les tambours.

La fonte ductile avec graphite sphéroïdal (GS), également appelé fonte nodulaire ou sphéroïdale, est fabriquée à partir du même métal brut que la fonte grise mais requiert une pureté plus élevée. La coulée ne devra pas contenir de Pb, As, Sb, Ti, et Al et très peu de phosphore et de soufre. En ajoutant des quantités minimes de magnésium à la coulée avant la fonte, le graphite sera formé en forme sphérique et non en lamelles.
La fonte ductile montre une plus grande résistance et ductilité que la fonte grise de composition similaire. La fonte ductile a de bonnes qualités d'usinage et est utilisée pour les engrenages de série lourde, les pistons, les rouleaux de laminoirs, les carters d'engrenage (Fig.10), les soupapes, tubes et charnières de porte. La fonte ductile perlitique est le matériau de base des arbres à cames et vilebrequins qui sont trempés en surface pour une meilleure résistance à l'usure (Fig. 8).

Fig. 5: Tête de filtrage en fonte ADI pour le système hydraulique d'une machine de coulée sous pression pour le plastique

La fonte à trempe bainitique (ADI) est une fonte ductile austénitisée à 840-950°C, puis trempée à 250-400°C où elle est gardée jusqu'à ce que la matrice soit changée en ferrite bainitique. Ceci est un mélange de ferrite en lamelles et d'une austénite résiduelle saturée au carbone, donnant à la fonte ADI une résistance et une ductilité élevées. Sa microstructure ressemble à celle de la bainite mais ne contient pas de carbures.
Les fontes ADI à haute résistance sont principalement utilisées pour les pièces résistantes à l'usure pour les semi-remorques, les équipements agricoles et de terrassement. L'application des fontes ADI ductiles sont les pièces d'effort dynamique telles que les essieux, les engrenages, les vilebrequins, les crochets de remorque et moyeux.

Pour produire de la fonte graphite compactée (CG) le même matériau brut que celui employé pour la production de la fonte ductile est utilisé. Par un contrôle soigneux de la quantité de magnésium ajoutée à la coulée de nodulisation, env. 80% du graphite est formé comme graphite compacté, le reste comme nodules.
Le contrôle qualité de la fonte compactée est très important, car la formation du graphite reste critique. Un pourcentage légèrement plus élevé de nodules peut être toléré, mais la formation de lamelles devra être évitée, car cela diminuerait ou même éliminerait les propriétés bénéfiques de la fonte compactée.
La fonte graphite compactée montre une meilleure résistance, ductilité, résistance à la fatigue alternée et une résistance plus élevée à l'oxydation que la fonte grise; et elle est plus performante pour la coulée, plus facile à usiner, a de meilleures capacités d'amortissement des

Fig. 7: Partie d'une cassette à roulement en fonte à trempe bainitique ductile

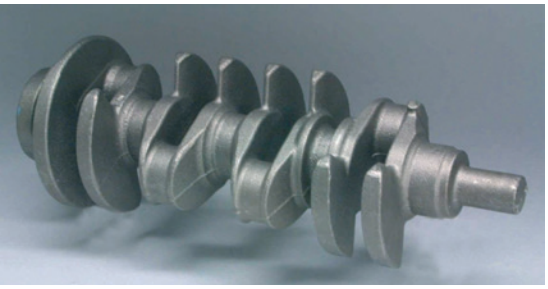


Fig. 8:
Vilebrequin, fonte ductile

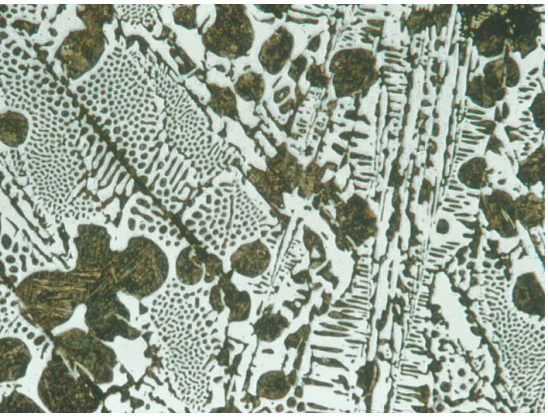
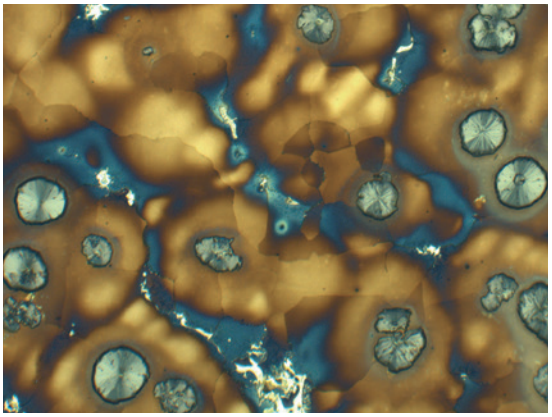


Fig. 9: Fonte blanche perlitique, 200x

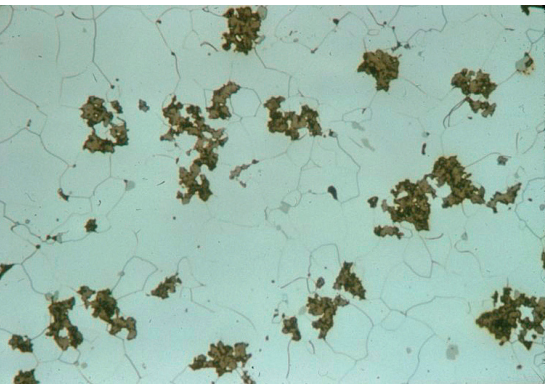


Fonte austénitique, attaquée au nital 3% + Beraha modifié 200x

vibrations et conductivité thermique, et garde mieux sa forme que la fonte ductile lors des variations de température.
Applications: les culasses des moteurs diesel à haut régime, les carters d'engrenage, les tubulures d'échappement (Fig. 6), les carters des turbocompresseurs.

La fonte blanche contient de 1,8 à 3,6% de carbone, de 0,5 à 1,9% de silicium et de 1 à 2% de manganèse. Un taux de refroidissement rapide empêche la précipitation du carbone comme graphite. A la place, le carbone, qui est en solution dans la coulée, forme du carbure de fer (Fe3C, également désigné cémentite).
La structure de la fonte blanche est constituée de perlite et de lédeburite (Fig. 9), un eutectique d'austénite et de cémentite. Les alliages durs au Ni (8-9%Cr, 5-6% Ni) ont une matrice martensitique avec des carbures de chrome.

La fonte blanche présente une résistance à la compression élevée et les versions alliées montrent une bonne conservation de la résistance et de la dureté à températures élevées. En raison de ses grandes quantités de carbures, particulièrement lorsqu'elle est alliée, la fonte blanche montre une excellente résistance à l'usure et à l'abrasion. Elle est employée pour les buses de grenaillage, les rouleaux de laminoir, les broyeurs, les atomiseurs et les gaines de broyeurs à boulet.



Fonte malléable ferritique 200x

En trempant la fonte grise ou ductile sur l'extérieur et en la laissant refroidir lentement à l'intérieur, il est possible de produire des pièces avec une surface dure de fonte blanche et un cœur ductile (Trempe en coquille).

Fonte malléable avec graphite de recuit
La fonte malléable est produite par un traitement thermique de la fonte blanche. Par le biais d'un traitement thermique de longue durée (revenu) en deux étapes, la fonte blanche est convertie en fonte malléable ferritique ou perlitique. Le carbone de carbure de fer commence par se dissoudre, et après un refroidissement lent, il se précipite alors en nodules irréguliers appelés graphite de recuit. La fonte malléable perlitique peut être trempée.
La fonte malléable est de plus en plus fréquemment remplacée par la fonte nodulaire pour des raisons économiques, tout spécialement parce que leurs domaines d'application sont très similaires.

Fonte austénitique
Les fontes contenant au moins 20% de nickel et de 1 à 5,5% de chrome ont une matrice austénitique contenant du graphite en lamelles ou nodules. La fonte austénitique peut représenter la solution économique alternative à l'acier inoxydable, étant plus facile à couler et donc idéale pour la fonte de précision des pièces de forme compliquée avec une épaisseur de paroi mince.

Les propriétés principales des fontes austénitiques sont leur résistance à la corrosion par l'eau de mer et les produits alcalins, leur grande robustesse et résistance au tartre à températures élevées.
Elles sont utilisées tout particulièrement pour les applications en milieu maritime, par exemple pour les grands boîtiers de pompe et autres pièces d'usine de dessalement, ou pour les douilles et revêtements dans les usines de produits chimiques, les compresseurs pour gaz agressifs, les carcasses de turbines à gaz et les turbocompresseurs.

Fig.10: Carter de différentiel en fonte ductile

Difficultés de préparation de la fonte

Les fontes blanches alliées sont très dures (600 HV) et peuvent être difficiles à tronçonner, particulièrement les grandes sections. Il est important de remarquer, qu'en dépit de cette dureté, les meules de tronçonnage diamantées ne sont pas adéquates pour le tronçonnage de la fonte blanche.

Le problème principal lors de la préparation des échantillons de fonte est la conservation du graphite dans sa forme et dimension originales. Bien qu'au microscope l'image du graphite soit bidimensionnelle, il faut se rappeler qu'elle est réellement en trois dimensions. Ceci signifie que lors du prépolissage et polissage, l'apparence du graphite peut légèrement changer, et qu'un certain pourcentage de graphite est coupé très superficiellement avec seulement une faible emprise dans la matrice. Il y a donc toujours une possibilité que le graphite ne puisse pas être complètement conservé. Les très grandes lamelles ou les agglomérations de lamelles ont particulièrement tendance à perdre le graphite. Les nodules de graphite ne peuvent donc pas toujours être préservés ou polis de façon satisfaisante.
Dans les fontes malléables, le graphite existe sous forme de rosettes ou de graphite de recuit. Il s'agit d'une forme de graphite friable, pouvant être particulièrement difficile à préserver lors de la préparation.

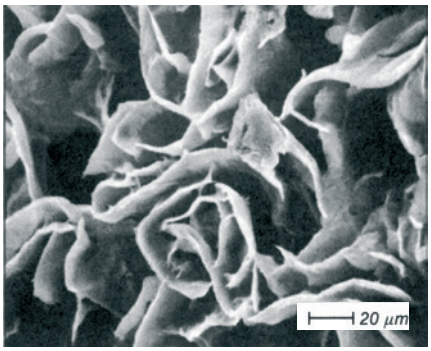


Image MEB d'une fonte grise avec graphite lamellaire

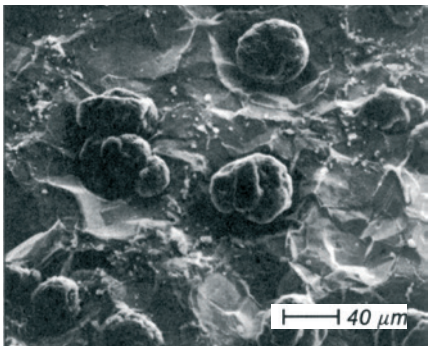


Image MEB d'une fonte ductile avec nodules de graphite

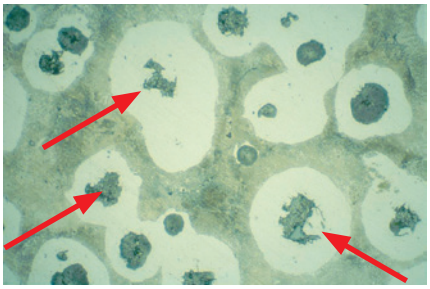


Fig.11: Un polissage insuffisant laisse les nodules de graphite recouvertes de métal beurré *200x*

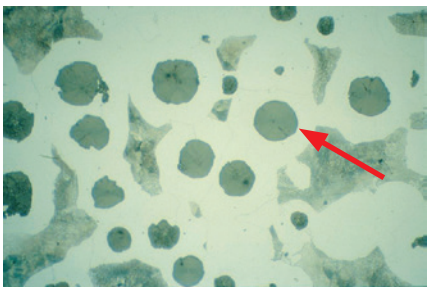


Fig.12: Un polissage correct expose la forme et la taille des nodules de graphite adéquates pour l'évaluation *200x*

Une erreur de préparation habituelle sera un enlèvement insuffisant du métal de la matrice, beurré après le prépolissage, pouvant masquer la forme et la taille véridique du graphite (comparer les Fig.11 et 12). Ceci prévaut tout particulièrement dans les fontes ferritiques ou austénitiques ayant tendance à la déformation et aux rayures. Pour ces matériaux, un polissage final diamanté est tout particulièrement recommandé.

Les difficultés associées à la préparation des fontes contenant du graphite peuvent être réunies dans les situations où la métallographie fait partie intégrante du système qualité de la ligne de coulée.

Fig.13: Porte-échantillons pour le polissage semi-automatique des échantillons de contrôle qualité dans la ligne de coulée

Les contraintes temporelles rendent bien souvent difficile l'obtention de résultats de préparation uniformes à l'aide des méthodes manuelles, et bien souvent, en raison de la géométrie de l'éprouvette, la préparation automatique ne représente pas non plus une solution alternative adéquate.
Cependant, comme le design des éprouvettes est habituellement arbitraire, leur dimension et forme peuvent être changées pour s'adapter dans un système automatique (Fig.13). Ceci a été réalisé avec succès par certains fabricants qui ont alors été capables d'effectiviser leur préparation et d'améliorer l'évaluation du graphite.
La plupart des examens microscopiques standard des fontes sont accomplis à un grossissement de 100x, où le graphite apparaît en noir. Ce n'est qu'à des grossissements plus élevés qu'il devient possible de vérifier que le carbone est complètement préservé. Le graphite bien poli est gris (Fig.14).

Noter: les fontes avec du graphite ne sont pas adéquates pour le polissage électrolytique, car le graphite est arraché par l'électrolyte. Cependant, si seule une rapide identification de la microstructure de la matrice est requise, il est possible d'utiliser un polissage et une attaque électrolytiques. (Fig.15)

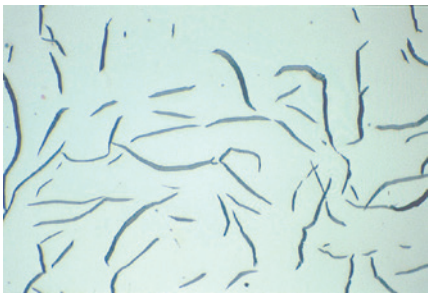


Fig.14: Graphite lamellaire bien poli *500x*

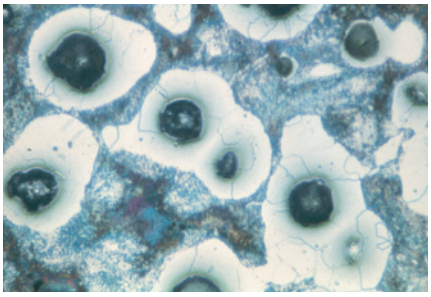


Fig.15: Fonte ductile après polissage et attaque électrolytiques, montrant la matrice perlitique et la ferrite autour du graphite. Le graphite est arraché

Prépolissage

Etape		PG	FG
Suspension		MD-Piano 220	MD-Allegro
Abrasif	Type	Diamond	Diamond
	Dimension	#220	9 µm
Suspension/ Lubrifiant		Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
T/m		300	150
Force [N]		30	30
Temps		Jusqu'à planéité	5 min.

Polissage

Etape		DP 1	DP 2
Surface		MD-Dac	MD-Nap
Abrasif	Type	Diamond	Diamond
	Dimension	3 µm	1 µm
Suspension/ Lubrifiant		DiaPro Dac 3	DiaPro Nap B 1
T/m		150	150
Force [N]		40	30
Temps		4 min.	1-2 min.

Tableau 1: Méthode de préparation des fontes blanches

Alternativement, la suspension diamantée DiaPro peut être remplacée par la DP-Suspension, P, 9 µm, 3 µm et 1 µm respectivement, utilisée avec le lubrifiant bleu.

Prépolissage

Etape		PG	FG
Suspension		Foil/Paper	MD-Largo*
Abrasif	Type	SiC	Diamond
	Dimension	#220	9 µm
Suspension/ Lubrifiant		Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
T/m		300	150
Force [N]		30	30
Temps		Jusqu'à planéité	5 min.

Polissage

Etape		PG	FG	OP**
Surface		MD-Dac	MD-Nap	OP-Chem
Abrasif	Type	Diamond	Diamond	Collodial Silica
	Dimension	3 µm	1 µm	0.04 µm
Suspension/ Lubrifiant		DiaPro Dac 3	DiaPro Nap B 1	OP-U NonDry
T/m		150	150	150
Force [N]		30	20	10
Temps		4 min.	1-2 min.	1

Tableau 2: Méthode de préparation des fontes contenant du graphite

**Dans les cas où la préservation du graphite est très difficile, le drap MD-Plan peut éventuellement servir au prépolissage fin.*

***Cette étape est optionnelle*

Alternativement, la suspension diamantée DiaPro peut être remplacée par la DP-Suspension, P, 9 µm, 3 µm et 1 µm respectivement, utilisée avec le lubrifiant bleu.

Recommandations pour la préparation de la fonte

Tronçonnage: Pour le tronçonnage des fontes blanches, dures, une meule de nitrure de bore cubique est recommandée. Pour les grandes sections, le tronçonnage automatique est plus efficace que le tronçonnage manuel.

Pour le tronçonnage des fontes contenant du graphite, il est préférable de choisir une meule en oxyde d'aluminium selon la dureté de la fonte à tronçonner.

Enrobage: Les échantillons destinés au contrôle qualité sont généralement préparés non-enrobés. Pour les échantillons servant aux analyses de défauts, il est recommandé d'utiliser l'enrobage à chaud. Pour les fontes tendres à moyennement dures, une résine phénolique (MultiFast) est recommandée. Pour les types de fontes plus durs, une résine renforcée (IsoFast, DuroFast) est la plus adéquate.

Prépolissage et polissage: Traditionnellement, les fontes contenant du graphite étaient prépolies sur papier SiC. Ces dernières années, le prépolissage diamanté a remplacé le SiC pour le prépolissage fin de la plupart des fontes, car cela rend les échantillons très plans, et ne laisse pas le graphite en relief (comparer les Fig.16 et 17). Le prépolissage plan des fontes blanches dures et fontes ADI peut être accompli au diamant (MD-Piano 220) ainsi que le prépolissage fin (MD-Allegro, voir le tableau 1). Le prépolissage plan des fontes blanches tendres et moyennement dures avec matrice ferritique, austénitique ou perlitique est effectué sur papier SiC et le prépolissage fin diamanté sur MD-Largo (voir le tableau 2).
Pour les fontes ayant tendance à corroder au polissage, il est recommandé d'employer une suspension diamantée exempte d'eau, A, et du lubrifiant jaune. Les données de préparation suivantes sont pour 6 échantillons, 30 mm, enrobés et serrés dans un porte-échantillons.

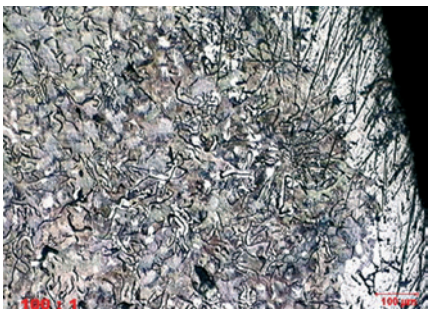


Fig.16: Fonte grise préparée avec un prépolissage fin sur papier SiC, montrant toujours des rayures

Fig.17: Pareil que la fig. x, après prépolissage fin diamanté sur MD-Largo, montrant une bonne netteté des bords

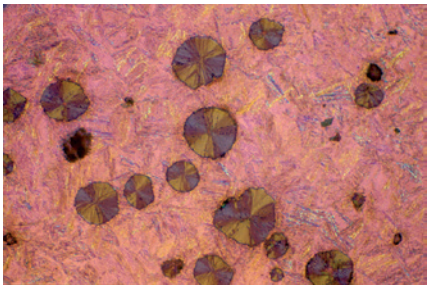
Struers ApS
Pederstrupvej 84
DK-2750 Ballerup, Denmark
Phone +45 44 600 800
Fax +45 44 600 801
struers@struers.dk
www.struers.com

Nettoyage: Comme de nombreuses fontes ont tendance à corroder facilement, le nettoyage des échantillons doit être rapide et toujours accompli à l'eau froide. Il ne faudra, sous aucun prétexte, laisser les échantillons tremper sans surveillance dans l'eau de nettoyage. Il est recommandé de procéder à un rinçage à l'éthanol et à un séchage rapide à courant d'air chaud puissant. Si les problèmes de corrosion persistent, un nettoyage et rinçage à l'alcool exempt d'eau seulement sera plus indiqué.

Attaque: Les échantillons de fonte sont toujours examinés au microscope tout d'abord non-attaqués pour en évaluer leur forme, dimension et la répartition du graphite, ainsi que l'éventuelle porosité de la fonte. Après cette évaluation initiale, l'échantillon est attaqué au Nital 1-3% pour l'observation de sa microstructure.
Le réactif d'attaque de Beraha suivant peut être utilisé pour l'attaque colorée et peut être modifié selon l'alliage:
1000 ml d'eau
200 ml d'acide hydrochlorique
24 g de fluorure d'ammonium
A 100 ml de cette solution mère, ajouter 1 g de métabisulfite de potassium.
Noter: *Lors du travail avec des produits chimiques, il est essentiel d'observer les précautions de sécurité standard!*

Résumé
Les fontes sont des alliages ferreux avec principalement de 2,5% à 4% de carbone et de 1 à 3% de silicium. Le carbone est soit présent sous forme de graphite dans les fontes grises, soit sous forme de carbure de fer et carbures d'alliage dans la fonte blanche. La difficulté de la préparation métallographique est de parvenir à préserver la forme et la taille véridiques du graphite dans sa forme lamellaire, nodulaire ou de recuit. Au cours du prépolissage, le graphite est beurré sur la matrice, et s'il n'est pas suivi d'un polissage diamanté soigneux, il n'apparaîtra pas dans sa forme vraie. Tout particulièrement les fontes avec une matrice ferritique tendre ont tendance au beurrage et sont facilement déformées et rayées. Le prépolissage plan sur papier SiC est recommandé, suivi d'un prépolissage fin et polissage diamanté. Un bref polissage final à la silice colloïdale est optionnel.

Les fontes blanches sont très dures et une meule de tronçonnage à la nitrure de bore cubique représentera la meilleure option pour le tronçonnage. Noter: Ne pas utiliser de meules de tronçonnage diamantées! Le prépolissage plan, prépolissage fin et le polissage sont accomplis au diamant.



Fonte ductile à trempe bainitique, attaquée au nital 3%, lumière pol. *200x*

Lorsqu'intégrés dans la ligne de production de la fonte, les équipements de préparation semi-automatiques peuvent donner de meilleurs résultats que la préparation manuelle pour une évaluation fiable et reproductible du graphite.

Auteur
Elisabeth Weidmann, Anne Guesnier, Struers A/S, Copenhague, Danemark

Remerciements
Nous désirons remercier **CLAAS GUSS GmbH**, Bielefeld, Allemagne, pour nous avoir fourni les échantillons et nous avoir donné la permission de reproduire les Fig. 5 et 7. Nos remerciements tout particuliers vont au Dr. Christine Bartels pour son soutien généreux ainsi qu'à Mme Ute Böhm.

Nous remercion **GF Eisenguss GmbH**, Herzogenburg, Austriche, pour leur permission de reproduire les Fig. 6, 8 et 10.

Nous remercions la **Zentrale für Gussverwendung**, Düsseldorf, pour nous avoir donné la permission de reproduire les deux photos MEB de la page 4.

Bibliographie

Ouvrages de la Zentrale für Gussverwendung, Düsseldorf

Vera Knoll, Gusseisen, 2003

Metals Handbook, Desk Edition, ASM, Metals Park, Ohio, 44073, 1997

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

Schumann, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968

Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, W. Domke, Verlag W. Giradet, Essen, 1977

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 R04 / 62340306