

# Préparation métallographique de la fonte

## Application Notes

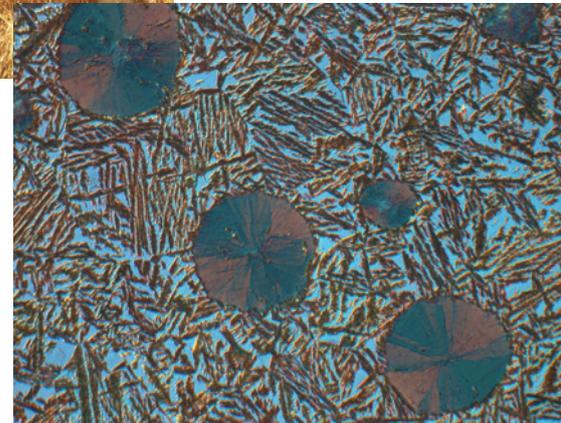
**Le fer** est l'un des métaux les plus diversifiés et lorsque allié au carbone et autres éléments, il offre une variété énorme de fontes et alliages d'aciers. La fonte était déjà produite en Chine en 600 av. J.C. et en Europe, elle n'a fait son apparition qu'au 14<sup>ème</sup> siècle. Avec le développement 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 19<sup>ème</sup> 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

## 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.

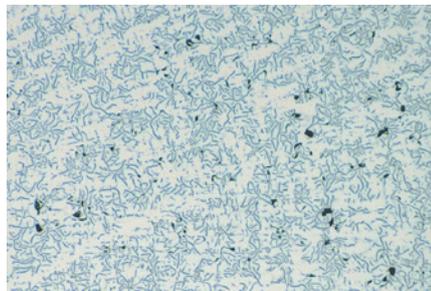


Fig. 3: Fonte grise avec graphite lamellaire, non-attaquée 100x

### 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 minimales 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 laminaires, 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

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



**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

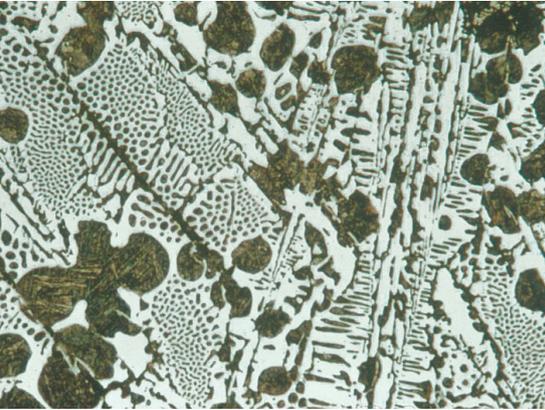
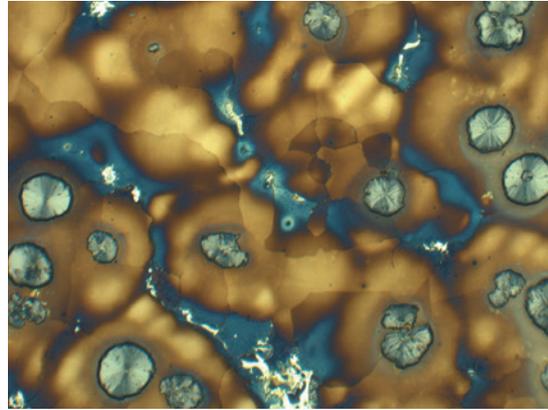


Fig. 9: Fonte blanche perlitique, 200x



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 ( $Fe_3C$ , 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 grenailage, les rouleaux de laminage, les broyeurs, les atomiseurs et les gaines de broyeurs à boulet.

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.

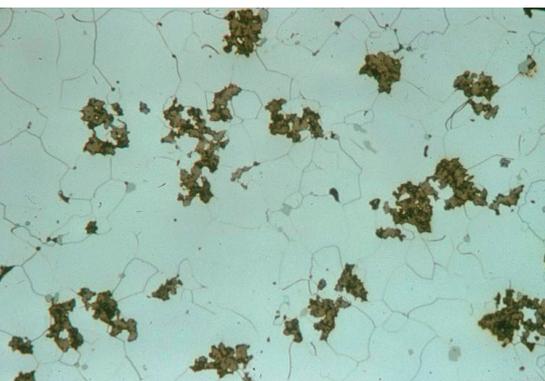
La fonte malléable est de plus en plus fréquemment remplacée par la fonte nodulaire pour des raisons économiques, tout spécialement parce que leurs domaines d'application sont très similaires.

#### 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.



Fonte malléable ferritique 200x



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.

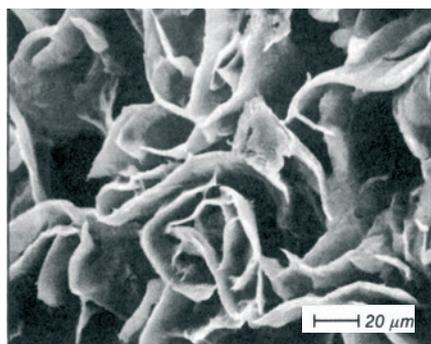


Image MEB d'une fonte grise avec graphite lamellaire

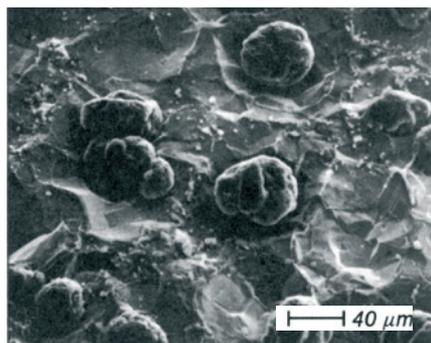


Image MEB d'une fonte ductile avec nodules de graphite



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

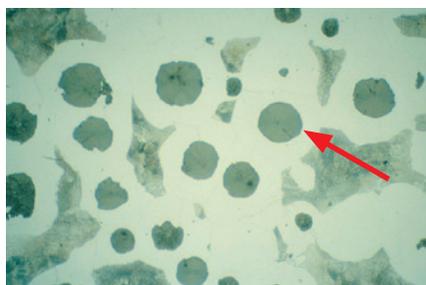


Fig. 12: Un polissage correct expose la forme et la taille des nodules de graphite adéquates pour l'évaluation 200x

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)

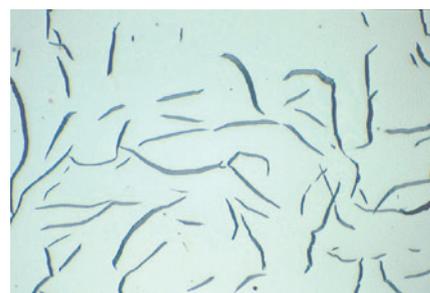


Fig. 14: Graphite lamellaire bien poli 500x

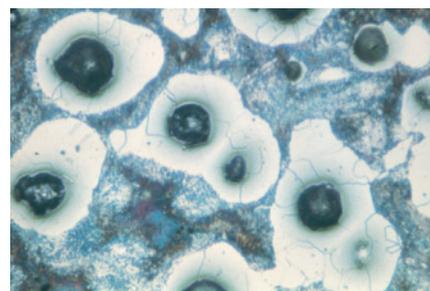


Fig. 15: Fonte ductile après polissage et attaque électrolytiques, montrant la matrice perlitique et la ferrite autour du graphite. Le graphite est arraché

## Prépolissage

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

## Polissage

Etape		DP 1 	DP 2 
	Surface	MD-Dac	MD-Nap
	Abrasif	Type	Diamond
		Dimension	3 µm
	Suspension/ Lubrifiant	DiaPro Dac 3	DiaPro Nap B 1
		T/m	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
		Dimension	#220
	Suspension/ Lubrifiant	Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
		T/m	300
	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	Collodial Silica
		Dimension	3 µm	1 µm
	Suspension/ Lubrifiant	DiaPro Dac 3	DiaPro Nap B 1	OP-U NonDry
		T/m	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

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

**NORWAY**  
**Struers ApS, Norge**  
Sjøskegøveien 44C  
1407 Vinterbro  
Telefon +47 970 94 285  
info@struers.no

**AUSTRIA**  
**Struers GmbH**  
Zweigniederlassung Österreich  
Betriebsgebiet Puch Nord 8  
5412 Puch  
Telefon +43 6245 70567  
Fax +43 6245 70567-78  
austria@struers.de

**POLAND**  
**Struers Sp. z o.o.**  
Oddział w Polsce  
ul. Jasnogórska 44  
31-358 Kraków  
Phone +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  
Phone +40 (31) 101 9548  
Fax +40 (31) 101 9549  
romania@struers.de

**SWITZERLAND**  
**Struers GmbH**  
Zweigniederlassung Schweiz  
Weissenbrunnstraße 41  
CH-8903 Birmsdorf  
Telefon +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  
Phone +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  
Teléfono +34 917 901 204  
Fax +34 917 901 112  
struers.es@struers.es

**FINLAND**  
**Struers ApS, Suomi**  
Hietalahdenranta 13  
00180 Helsinki  
Puhelin +358 (0)207 919 430  
Faksi +358 (0)207 919 431  
finland@struers.fi

**SWEDEN**  
**Struers Sverige**  
Box 20038  
161 02 Bromma  
Telefon +46 (0)8 447 53 90  
Telefax +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  
Phone +1 440 871 0071  
Fax +1 440 871 8188  
info@struers.com

**AUSTRALIA & NEW ZEALAND**  
**Struers Australia**  
27 Mayneview Street  
Milton QLD 4064  
Australia  
Phone +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  
Téléphone +33 1 5509 1430  
Télécopie +33 1 5509 1449  
struers@struers.fr

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

**CANADA**  
**Struers Ltd.**  
7275 West Credit Avenue  
Mississauga, Ontario L5N 5M9  
Phone +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  
Phone +86 (21) 6035 3900  
Fax +86 (21) 6035 3999  
struers@struers.cn

**CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA**  
**Struers GmbH Organizační složka vědeckotechnický park Pílepská 1920, CZ-252 63 Roztoky u Prahy**  
Phone +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  
Telefon +49 (0) 2154 486-0  
Fax +49 (0) 2154 486-222  
verkauf@struers.de

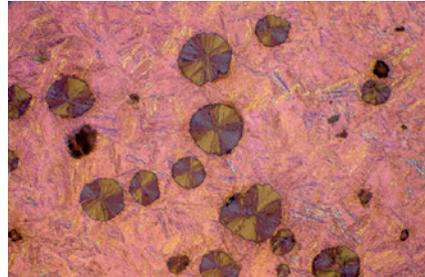
**FRANCE**  
**Struers S.A.S.**  
370, rue du Marché Rollay  
F-94507 Champigny  
sur Marne Cedex  
Téléphone +33 1 5509 1430  
Télécopie +33 1 5509 1449  
struers@struers.fr

**HUNGARY**  
**Struers GmbH**  
Magyarországi Fióktelepe  
2040 Budáors  
Szabadság utca 117  
Phone +36 2380 6090  
Fax +36 2380 6091  
Email: 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**  
**Marumoto Struers K.K.**  
Takanawa Muse Bldg. 1F  
3-14-13 Higashi-Gotanda,  
Shinagawa  
Tokyo  
141-0022 Japan  
Phone +81 3 5488 6207  
Fax +81 3 5488 6237  
info.japan@struers.com



Fonte ductile à trempe bainitique, attaquée à 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, Copenhagen, 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 remercions **GF Eisenguss GmbH**, Herzogenburg, Autriche, 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



**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 niture 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.