Préparation métallographiques des composants nitrurés et carbonitrurés

Struers
Ensuring Certainty

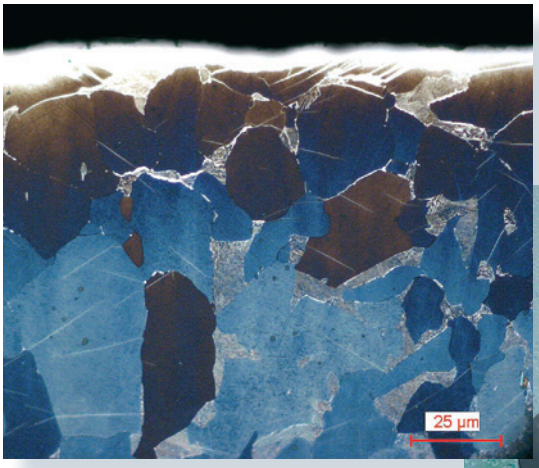
Application Notes

La nitruration est un processus thermochimique par lequel la surface d'un métal ferreux est enrichie au nitrogène dans le but d'améliorer la résistance à l'usure des composants. Lors de la **carbonitruration**, non seulement le nitrogène, mais aussi des petites quantités de carbone sont impliquées dans le processus. Le résultat obtenu est une couche nitrurée constituée par la couche de combinaison ("couche de nitrure ou couche blanche") et la couche de diffusion, se trouvant juste au-dessous de la couche de combinaison.

Le processus de nitruration et carbonitruration utilisant du gaz ou un bain de sel a été développé en Allemagne et aux Etats-Unis au début du 20ème siècle. Le développement de la nitruration par bombardement ionique a commencé dans les années 30, mais n'a été commercialisé qu'au début des années 70. Toutes ces trois méthodes de nitruration comportent des avantages et le choix d'une méthode en particulier va dépendre de l'application spécifique du composant nitruré.

La nitruration produit un revêtement dur résistant à l'usure sur les aciers au carbone et aciers faiblement alliés, ainsi que la fonte. De plus, la résistance à la fatigue se trouve nettement améliorée et l'oxydation de la surface nitrurée améliore la résistance à la corrosion.

L'avantage principal de la nitruration et carbonitruration par rapport aux autres techniques de durcissement de la surface est la faible température du processus (500-600°C), de préférence 580°C. Les composants peuvent souvent être nitrurés en condition durcie ou de revenu totale sans affecter les propriétés du cœur. Un autre avantage du processus



Acier nitruré après attaque colorée au réactif d'attaque de Beraha

à faible température est le risque de distorsion minimisé. En conséquence, les pièces peuvent être usinées à leurs dimensions finales et ne nécessitent aucun travail de finition onéreux tel qu'un meulage ou redressage après la nitruration.

Les techniques de nitruration et carbonitruration sont principalement utilisées pour les composants ferreux tels que les soupapes, les arbres à cames et les tiges de piston dans l'industrie du génie mécanique et de l'automobile. D'autres applications, sont les outils coupants ou les grands moules de formage. Les pièces en fonte, telles que les pompes et les carters d'engrenage peuvent également être nitrurées.

La métallographie des composants nitrurés et nitrocarburés est principalement utilisée pour le contrôle du processus de nitruration par l'examen de la couche. La couche de

nitrure, la couche de diffusion et la couche poreuse sont mesurées et évaluées. De plus, des analyses de défauts des pièces usées sont réalisées pour constater si un matériau défectueux, une détérioration de la surface ou le processus de nitruration lui-même ont pu contribuer à cette usure.

Difficultés de préparation des pièces nitrurées:

- Ecaillage et fissurage dans la couche

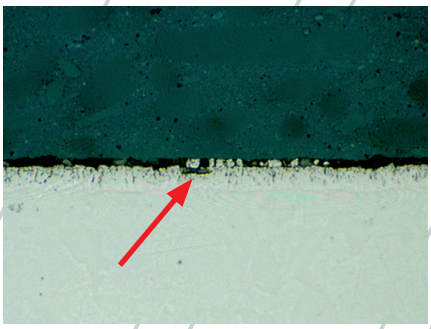


Fig.1: Retrait entre l'échantillon et la résine pouvant causer un écaillage de la couche nitrurée et emprisonner les abrasifs 500x

- Arrondissement des bords

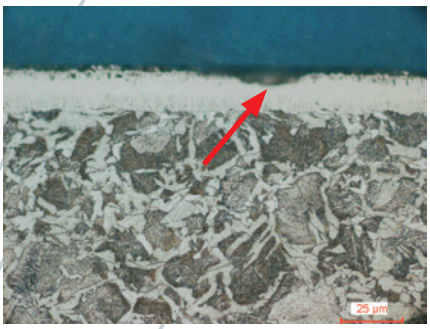


Fig. 2: Sans netteté des bords, la mise au point de la couche n'est pas claire à grossissement élevé

Solution:

- Enrobage correct
- Prépolissage plan sur papier SiC
- Prépolissage fin diamanté
- Polissage diamanté sur draps durs

Formation et composition de la couche nitrurée

A température de nitruration, le nitrogène se diffuse dans la surface d'acier et réagit avec le fer, formant du nitrure de fer γ' (Fe4N), contenant jusqu'à 6 % en poids de N. Avec l'augmentation du nitrogène, la phase ε (Fe_3N) se forme, pouvant absorber jusqu'à 11 % en poids de N. Ces deux phases de nitrure de fer, $\varepsilon + \gamma'$, forment la couche de combinaison, également désignée "couche de nitrure ou couche blanche", car elle reste blanche lorsque l'acier est attaqué au nital. Cette couche de combinaison ne contient aucun métal mais est constituée d'une phase non-métallique, formée par le fer et le nitrogène, pouvant être désignée comme "céramique nitrurée". Dans les zones périphériques de la couche de combinaison, une couche poreuse peut être trouvée (voir Fig. 3).

Le pourcentage de nitrure γ' et ε dépend du contenu en carbone de l'acier: un contenu en carbone plus élevé implique la formation de ε, un contenu plus faible en carbone forme plus de nitrure de fer γ'.

Au microscope optique, la différentiation des nitrures de fer ε et γ' dans la couche de combinaison n'est possible que par l'utilisation de méthodes d'attaque très spéciales et difficiles. Une analyse correcte de la composition ne peut se faire que par une analyse quantitative structurelle aux rayons X utilisant une radiation pénétrante profonde.

La couche de combinaison est relativement dure et sa dureté augmente avec l'augmentation du contenu de nitrure formant les éléments d'alliage, alors que la profondeur de cémentation diminue. Les aciers au carbone nitrurés ont une dureté superficielle de 300 à 400 HV et les aciers alliés de 700 à plus de 1000 HV.

Sous la couche de combinaison se trouve la couche de diffusion contenant du nitrogène en solution solide. Elle contient également des nitrures de métal stables formées par les différents éléments d'alliage de l'acier, tels que l'aluminium, le molybdène, le chrome et le tungstène.

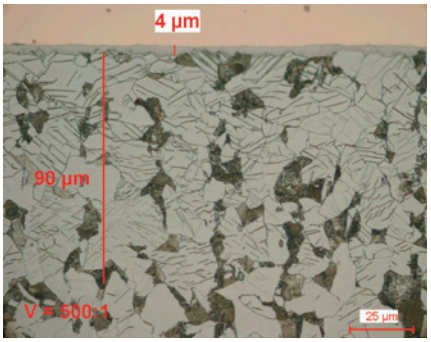


Fig. 4: Acier au carbone nitrocarburé après chauffage pendant 45 min/300°C, attaqué au Nital 1%, montrant des aiguilles de nitrure dans la zone de diffusion.

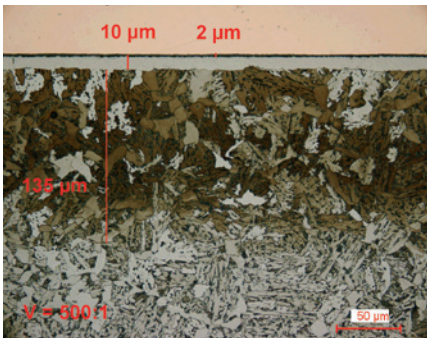


Fig. 5: Acier allié, nitrocarburé, attaqué au Nital 1%, montrant une zone de diffusion sombre, et une couche de combinaison blanche avec revêtement à l'oxyde sombre.

En raison de leur fine répartition sub-microscopique, les nitrures dans la couche de diffusion des aciers à faible teneur en carbone ne peuvent généralement pas être observées une fois que l'échantillon métallographique a été attaqué. Cependant, après un chauffage de l'échantillon à température de revenu (200 - 400° C pendant 15 - 30 min), le nitrogène en solution solide précipite en forme d'aiguilles de nitrure γ'. Ces aiguilles de nitrure peuvent être attaquées de façon à ce que la couche de diffusion devienne visible et que son épaisseur puisse être mesurée (Fig. 4). Sur les aciers d'alliage, la couche de diffusion apparaîtra sombre après l'attaque au nital, mais il n'y aura pas de résolution des nitrures au microscope optique (Fig. 5).

L'épaisseur de la couche de nitrure ou couche blanche et la couche de diffusion vont dépendre de différents paramètres dont les plus importants sont le temps, la température et la composition de l'acier. Cette couche blanche peut varier entre 0 et 20 µm et la couche de diffusion jusqu'à 0,8 mm, selon les exigences de l'application.

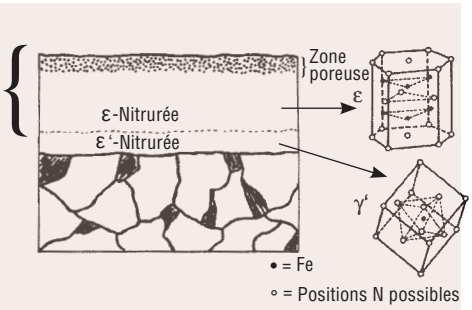


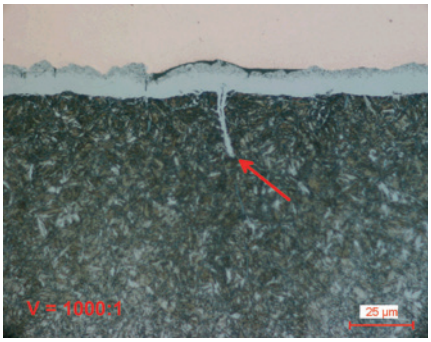
Fig. 3: Détails de la composition d'une couche nitrurée Grossie

Les processus de nitruration et l'application des pièces nitrurées

Avant la nitruration, les composants doivent être soigneusement nettoyés et dégraissés. Toute contamination de la surface par des particules provenant du prépolissage, de la graisse ou des copeaux de métal résultera dans une formation non-uniforme de la couche nitrurée. Cela peut être la cause de fissures dans le revêtement pouvant aboutir à un écaillage et une corrosion (voir Figs. 6 et 7). Après le nettoyage, les pièces sont séchées et préchauffées, puis transférées à l'environnement de nitruration lui-même.

Les différents processus de nitruration peuvent être principalement différentiés selon leur source de nitrogène et alimentation en énergie. La nitruration par bain de sel, par gaz et par bombardement ionique comporte différents avantages en matière de coût d'investissement, de temps de processus, d'environnement, de sécurité et de qualité. Les propriétés de la surface nitrurée ou nitrocarburée obtenue ne dépendent pas, dans de nombreux cas, du processus de production.
La profondeur de cémentation requise est déterminée par l'application du composant nitruré et peut être ajustée au moyen de la température et du temps de nitruration.

Dans ce qui suit, les différents processus de nitruration sont brièvement décrits et l'application des pièces nitrurées est mentionnée.



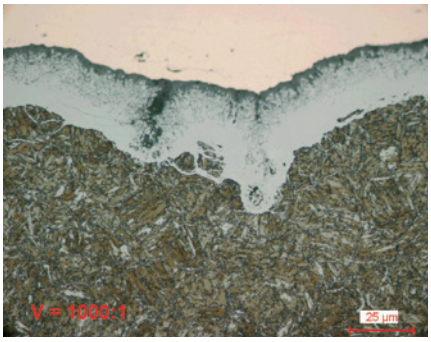


Fig. 6 et 7: Impuretés dans l'acier et sur la surface pouvant aboutir à des régions défectueuses dans la couche nitrurée et pouvant causer un fissurage ou de la corrosion.

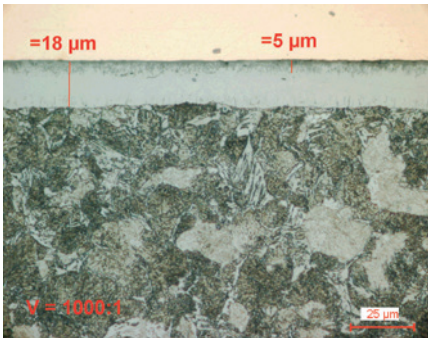


Fig. 8: Acier allié nitrocarburé en bain de sel (16MnCr5), attaqué au Nital 1%, la zone de diffusion est sombre après l'attaque, montre une couche de combinaison blanche avec une zone poreuse.

Carbonitruration en bain de sel
La nitrucarburation en bain de sel a lieu dans des fours à creuset chauffés au gaz ou à l'électricité. Le matériau de prédilection pour le creuset est le titane. Après un préchauffage à 350°C, les composants sont immergés dans le bain de sel, soit en suspension ou reposant dans des rampes de chargement, soit en vrac dans des paniers d'acier inoxydable ou d'Inconel.

Le bain de sel est constitué de cyanate alcalin et de carbonate alcalin. Par l'oxydation et la réaction thermique avec la surface du composant immergé, à température de nitruration, le cyanate alcalin dégage du nitrogène et du carbone qui se diffusent dans la surface du composant. Une nitruration pure n'est pas possible dans le bain de sel, car il y aura toujours des petites quantités de carbone qui se diffuseront dans la surface. Les paramètres de processus habituels sont de 90 min à 580°C.

L'agent de libération actif du nitrogène du bain de sel est le cyanate alcalin. Par le biais de la réaction des ions de cyanate, la quantité de carbonate alcalin dans le bain augmente. En ajoutant un polymère organique, le continu optimal de cyanate du bain est de nouveau à niveau.

Après la carbonitruration, une trempe dans un bain de sel oxydant (380-420°C) produit un oxyde de fer noir (Fe_3O_4) sur la surface. Il remplit les pores de la couche de combinaison et agit comme une protection supplémentaire contre la corrosion. Après un refroidissement à température ambiante, les composants peuvent être polis, puis re-oxydés selon l'application.

En raison d'un apport élevé en nitrogène, la carbonitruration en bain de sel produit une couche de combinaison avec des nitrures et carbo-nitrures ayant perdu ses propriétés métalliques. Les couches cémentées nitrocarburées sont particulièrement résistantes à l'usure abrasive, traces de frottement, friction de glissement et corrosion. La surface poreuse peut retenir les lubrifiants, ce qui améliore les propriétés de marche des arbres à cames par exemple (Fig. 8).

La carbonitruration en bain de sel est un processus rapide, flexible et économique. Les applications typiques sont les pièces utilisées dans l'industrie automobile telles que les tiges de piston, les vilebrequins et les arbres à cames, les soupapes et les engrenages. De plus, les composants nitrocarburés sont utilisés dans l'industrie aéronautique et off-shore ainsi que dans le génie mécanique.

La nitruration par un gaz et carbonitruration ont généralement lieu dans un four à nitraté hermétique à cloche offrant une bonne circulation du gaz. Ce processus est principalement contrôlé par le degré de dissociation de l'ammoniac. Le gaz d'ammoniac réagit à 500-520°C avec la surface d'acier et se décompose, libérant ainsi du nitrogène frais qui se diffuse dans la surface d'acier. Comme la nitruration par un gaz utilise une température plus basse, les temps de processus varient entre 40 et 80 heures. L'apport de gaz contenant du carbone rend aussi possible une carbonitruration par gaz (Fig. 9 et 10). En conséquence, les temps de processus sont réduits.
La formation et les propriétés de la couche de combinaison et couche de diffusion sont similaires à celles produites par une nitruration en bain de sel. Cependant, l'épaisseur de la couche de combinaison peut être plus précisément contrôlée ou même entièrement supprimée avec la nitruration par un gaz. Cela rend la surface en acier très dure mais pas friable. Des couches de diffusion profondes peuvent être produites qui auront un effet bénéfique sur la tension mécanique par vibration et torsion. Des composants avec des trous percés, caniveaux et cavités,

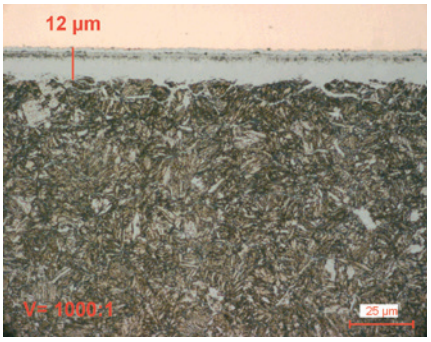


Fig. 9: Acier allié (42CrMo4), nitruré au gaz à 510°C/36 h, attaqué au Nital 1%, montrant une zone de diffusion sombre, une couche de combinaison blanche avec une zone poreuse.

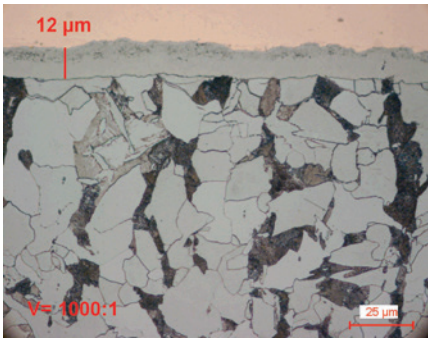


Fig.10: Acier au carbone nitrocarburé au gaz, 580°C/1,5 h.

par exemples les aciers frittés, sont adéquats pour la nitruration par un gaz, car le gaz penêtre facilement partout en circulant dans la cornue. Le cuivrage ou les matériaux particulièrement résistants peuvent être utilisés pour masquer les zones ne devant pas être nitrurées.

Les pièces nitrurées par un gaz seront typiquement des broches de machine, des boîtiers de pompe en fonte ductile, des mécanismes de serrure de portière, des composants de pompe à eau et des pistons pour les compresseurs.

La nitruration au plasma et la carbonitruration ont lieu en atmosphère de nitrogène - hydrogène à 400-600° C et à une pression d'environ 50 à 500 Pa. Pour la carbonitruration, des gaz contenant du carbone, tel que le méthane, sont ajoutés. Le plasma est produit dans une chambre à vide à haute tension où la pièce sert de cathode et le réservoir de vide est l'anode. Comme le nitrogène et l'hydrogène sont amenés dans la chambre à vide comme gaz individuels, le taux de nitrogène par rapport à celui de l'hydrogène peut être contrôlé, permettant des variations d'épaisseur et de composition de la couche de combinaison. En conséquence, non seulement les aciers à faible teneur en carbone, mais aussi les aciers austénitiques, les métaux ferreux pour la métallurgie des poudres et les métaux réfractaires peuvent être nitrurés au plasma.

Difficultés lors de la préparation métallographique des aciers nitrurés

Fig.11: Acier allié (16MnCr5N), nitrocarburé au plasma, 570°C/ 6 h.

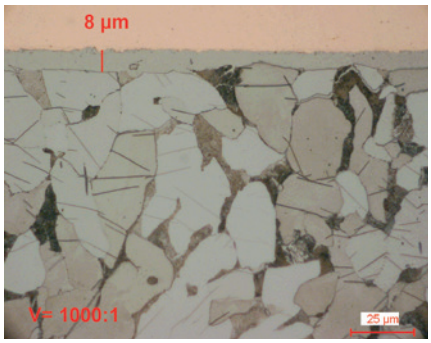


Fig.12: Acier au carbone, nitrocarburé au plasma, 570°C/ 6 h. Les deux couches nitrurées sont sans zone poreuse et montrent un très beau fini de surface.

La nitruration au plasma donne un fini de surface très beau, pratiquement exempt de pores, se prêtant parfaitement à un polissage fin (fig.11 et 12). Grâce à cette faible porosité, les arbres à cames et les vilebrequins nitrurés au plasma et nitrocarburés sont par exemple utilisés pour les moteurs de haute performance. Comme la nitruration au plasma offre une grande variété de couches nitrurées, ses champs d'application sont également variés. Comme exemples, nous pouvons mentionner le traitement de surface des moules de formage tels que les grandes filières de plastique et les matrices de découpage des carrosseries, les outils pour l'emboutissage profond à l'acier inoxydable, les matrices de moulage, de forgeage à chaud et de forgeage par extrusion. D'autres applications spécifique sont les soupapes de moteur résistantes à la corrosion, les outils coupants en acier à coupe rapide et de nombreuses applications dans le domaine du génie mécanique.

Le problème principal rencontré lors de la préparation des composants nitrurés est l'écaillage de la couche poreuse et le fissurage de la couche de combinaison (voir Fig.1, 2 et 13). Ces dommages sont principalement introduits lors de la première étape de prépolissage. Un enrobage incorrect et un polissage long sur draps doux va donner des bords arrondis. Comme l'évaluation du revêtement est faite à un grossissement de 1000x, les bords arrondis aboutissent à des mesures incorrectes de l'épaisseur.

Recommandations pour la préparation des aciers nitrurés

Pour éviter tout endommagement de la couche nitrurée, il est recommandé que **le tronçonnage** soit accompli avec précaution sur une machine de tronçonnage avec refroidissement à l'eau, spécialement adaptée pour la métallographie. Pour tronçonner, une meule en oxyde d'aluminium sera choisie selon la dureté du composant nitruré. Il s'agit habituellement d'une meule de tronçonnage de moyennement dure à tendre.

Enrobage: Pour éviter les fentes dues au retrait, un enrobage à chaud dans une résine renforcée

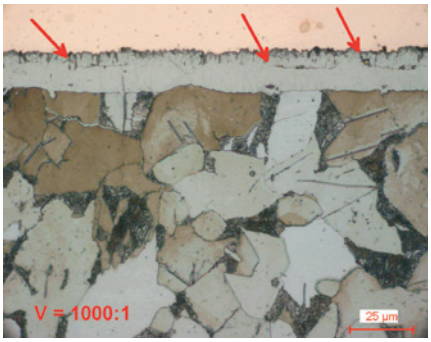


Fig.13: Fissures dans le revêtement causées par la préparation.

aux fibres est recommandé (IsoFast, DuroFast). De plus, envelopper l'échantillon tronçonné dans une mince feuille cuivre pur (0,05 mm) avant l'enrobage garantira une bonne netteté des bords.* La couleur cuivrée fera également ressortir le revêtement par rapport à la résine d'enrobage, ce qui est particulièrement utile lors du travail avec des composants oxydés (comparer les Fig. 14 et 15, 16 et 17).

*La feuille est étirée tel un ruban par la lame d'une paire de ciseaux, collée à l'échantillon par de la colle instantanée, enveloppée autour de l'échantillon et collée de nouveau. Puis, le surplus de feuille est replié sur la surface et bien pressé du bout des doigts ou avec l'ongle. La feuille de cuivre sur la surface de l'échantillon est éliminée à l'étape de prépolissage plan subséquente.

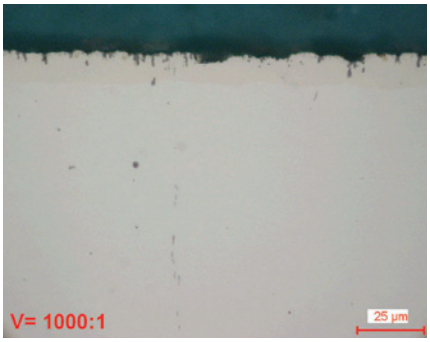


Fig.14: Acier allié (16MNCr5 N) nitrocarburé en bain de sel, enrobé sans feuille de cuivre. L'on peut observer un écaillage de la couche de nitrure et la mince couche d'oxyde ne peut pas être distinguée de la résine d'enrobage.

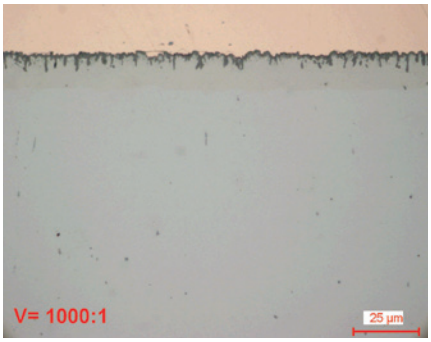


Fig.15: Pareil que la Fig.14, mais enrobé avec une feuille de cuivre, la couche d'oxyde sombre est parfaitement visible contre la couleur cuivrée de la feuille. La couche est bien préservée.

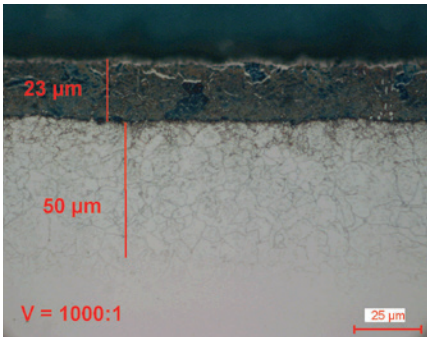


Fig.16: Acier fortement allié (X45CrSi9V), nitrocarburé en bain de sel, oxydé, attaqué au Nital 1%, la zone de diffusion est sombre après l'attaque, la couche de combinaison ne peut pas être distinguée de la résine d'enrobage.

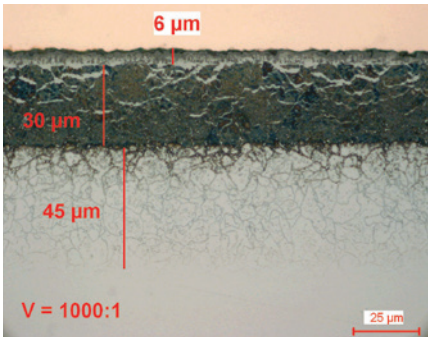


Fig.17: Pareil que la Fig.16, enrobé avec une feuille de cuivre, la couche de combinaison est clairement visible contre la feuille d'acier et peut être mesurée.

Prépolissage et polissage: Le prépolissage plan est effectué sur un papier de prépolissage SiC 180# et/ou 200#. Pour garantir la netteté des bords, il est important de procéder à un prépolissage fin diamanté sur disque de prépolissage fin (MD-Largo). Cette étape sera suivie d'un polissage diamanté sur drap de soie synthétique (MD-Dac), et d'un bref polissage final diamanté à 1µm ou à la silice colloïdale.

La méthode suivante a donné de bons résultats reproductibles pour les aciers nitrurés. Les données de préparation sont pour 6 échantillons enrobés, de 30 mm de diamètre, serrés dans un porte-échantillons. Selon la taille des échantillons et le type de revêtement, les temps de polissage peuvent être légèrement modifiés.

Attaque: Le revêtement nitruré est tout d'abord examiné non-attaqué afin d'évaluer la couche poreuse ainsi que la forme et la taille des pores. L'attaque au nital 1-3% expose la couche de combinaison blanche et, dans les aciers alliés, la couche de diffusion sombre. Pour une bonne couche nitrurée, un très bon matériau de base est essentiel. Les fissures, inclusions, le lignage ou la déformation de la surface initiale influencent nettement la qualité de la couche nitrurée. Il est donc important d'évaluer la structure du matériau de base également.
Dans les aciers à faible teneur en carbone, la couche de diffusion peut être identifiée par un chauffage de l'échantillon à 300°C / 45 min, puis attaqué au nital 1% (voir la Fig. 4).

Tableau 1: Méthode de préparation des aciers nitrurés

Prépolissage

Etape		PG	FG
Surface		Foil/Paper	MD-Largo
Abrasive	Type	SiC	Diamond
	Taille	#220	9 µm
Suspension/ Lubrifiant		Eau	DiaPro Allegro/Largo 9
t/m		300	150
Force [N]		25	25
Temps		À besoin	5 min.

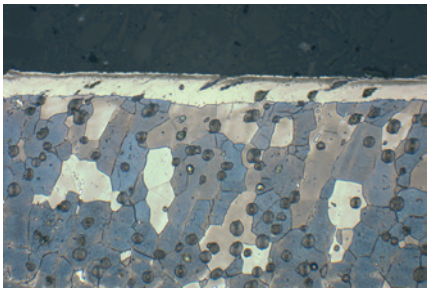
Polissage

Etape		DP 1	DP 2	OP*
Support		MD-Dac	MD-Nap	MD-Chem
Abrasive	Type	Diamond	Diamond	Alumina/Silica
	Taille	3 µm	1 µm	0.02 / 0.04 µm
Suspension/ Lubrifiant		DiaPro Dac 3	DiaPro Nap B1	OP-A or OP-U NonDry
t/m		150	150	150
Force [N]		30	25	15
Temps		6 min.	1 min.	1 min.

**Etape optionnelle*

Comme solution alternative, la suspension diamantée polycristalline DiaPro P, 9 µm, 3 µm et 1 µm peut être utilisée avec du lubrifiant bleu.

Résumé
La nitruration est un processus thermochimique par lequel la surface d'un métal ferreux est enrichie au nitrogène pour améliorer la résistance à l'usure et à la corrosion des composants. Trois méthodes de nitruration peuvent être utilisées: la carbonitruration par bain de sel, la nitruration et carbonitruration par un gaz ou par plasma. La nitruration et la carbonitruration résultent en une formation d'une surface très dure constituée d'une couche de combinaison et d'une couche de diffusion. La métallographie des couches nitrurées est principalement utilisée pour le contrôle qualité et le contrôle du processus de nitruration, ainsi que pour l'analyse des défauts. Les problèmes principaux lors de la préparation des couches nitrurées sont l'arrondissement des bords et le fissurage ou l'écaillage de la couche lors du prépolissage et du polissage. En enveloppant avec soin l'échantillon dans une mince feuille de cuivre avant l'enrobage à chaud, ce problème peut être surmonté. Pour le prépolissage fin du papier SiC ou un disque de prépolissage fin diamanté peuvent être utilisés, ce dernier donnant une meilleure netteté des bords. Le polissage diamanté subséquent devra être aussi long que nécessaire pour éliminer les dommages éventuels de la couche introduits par la préparation.



Fonte nodulaire ferritique, nitrurée au gaz, attaquée au nital 3%, 500x

Auteurs

Elisabeth Weidmann, Anne Guesnier,
Struers A/S, Copenhagen, Denmark

Remerciements

Nous désirons remercier **Durferrit GmbH**, Mannheim, Allemagne, pour la permission accordée de reproduire des photos et schémas. Nous remercions le Dr. Ulrich Baudis pour son soutien professionnel.

Nous désirons tout particulièrement remercier Mme. Sabine Riesbeck pour la préparation d'échantillons et pour nous avoir généreusement fourni la micrographie de la page 1 et les Fig. 2-17.

Nous remercions également **Eltro GbmH**, Baesweiler, Allemagne, pour l'échantillon nitruré au plasma.

Merci également à **Carl Gomman KG**, Remscheid, Allemagne, pour l'échantillon nitruré par un gaz.

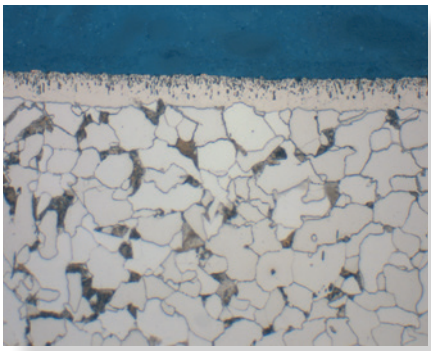
Bibliographie

Practical nitriding and ferritic mitrocarburizing, David Pye, ASM International, 2003

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

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, Nitrieren und Nitrocarburieren, D. Liedtke u.a., expert verlag, Renningen, 2006

Technologie der Salzschmelzen, Ulrich Baudis und Michael Kreutz, Die Bibliothek der Technik, Band 224, verlag moderne industrie, 2001



Couche blanche avec zone poreuse sur de l'acier à faible teneur en carbone

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
Přilepská 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 / 62340406