

# Préparation métallographique des fixations



**Struers**

## Application Notes

**Les tiges et barres** comme pièces de connexion mécanique font partie des éléments de construction les plus anciens. Les rivets et vis étaient auparavant fabriqués en métaux précieux, et plus tard, à partir de métaux non-ferreux et d'aciers, par forgeage et tronçonnage mécanique. Le formage à froid n'a été adopté comme processus de production en masse des fixations, qu'à la suite du développement de métaux suffisamment ductiles pour supporter la pression des outils de pression et de laminage.

Les catégories principales de jointure mécanique sont les fixations filetées telles que les

et automobile, déterminés par des spécifications et des considérations économiques et relatives à la sécurité.

Pour de nombreuses applications en rapport avec la construction, les fixations jouent un rôle crucial pour ce qui est de la sécurité structurelle, et leur fabrication doit donc répondre à des standards spécifiques. En conséquence, le processus et les procédures de contrôle qualité en général, et l'examen métallographique en particulier, sont importants dans le processus de production. Les tests effectués servent au contrôle des dimensions, des propriétés mécaniques, et des variables physiques, ainsi qu'à l'examen de la structure et l'analyse quantitative. L'examen métallographique fait partie du processus du contrôle qualité lors de la fabrication des fixations, qu'il s'agisse des vérifications occasionnelles de la matière première, du contrôle et de la vérification des processus de formage et de traitement thermique, ou de l'analyse des défauts.



*Joint riveté, rivet en acier dans aluminium*

8x

boulons, les écrous et les vis, ainsi que les fixations non-filetées comme les rivets et les tiges. Selon les exigences de robustesse, de torsion, d'environnement d'utilisation etc. les fixations, avec ou sans filetage, sont utilisées pour différentes applications. Les rivets et les vis ont chacun leurs champs d'application spécifiques, tels que l'industrie aéronautique



### Difficultés lors de la préparation métallographique des échantillons:

**Tronçonnage:** la taille et la forme des fixations ne permettent pas toujours un serrage et une coupe transversale optimaux de la pièce.

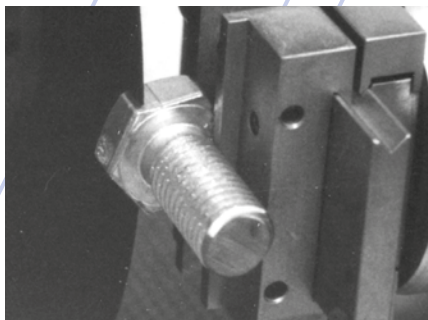
**Enrobage:** les fentes dues au retrait sur le

filetage et sur la tête d'une fixation peuvent rendre difficile l'obtention d'une bonne netteté des bords ainsi que le nettoyage correct de l'échantillon qui permettra son observation au microscope.

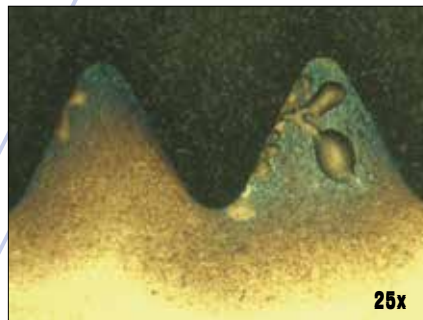
### Solution:

**Tronçonnage:** Porte-échantillons spécial pour fixations, tronçonnage de précision pour les petites vis, ou enrobage de la fixation entière avec prépolissage grossier centré subséquent.

**Enrobage:** Utilisation d'une résine avec le retrait le plus faible pour enrobage à chaud ou à froid.



*Tronçonnage d'un des pans de la tête d'une vis avant l'enrobage*



25x

*Filetage, taches dues au retrait*

# Production et application des fixations

**Par le passé**, l'usinage mécanique était important pour le développement de la production des fixations, tout particulièrement pour le tronçonnage des filetages. De nos jours, le formage sans copeau (roulage) représente une méthode de production universelle et économique, et l'usinage n'est utilisé que pour le formage initial, pour la finition de vis de construction très spéciales, de haute qualité nécessitant des formes, tolérances et surfaces spécifiques.

Le formage est réalisé sous pression à froid ou à chaud. La technologie de formage à froid et la métallurgie sont arrivées à un stade où le pressage à froid a pratiquement remplacé le formage à chaud dans la production des fixations.

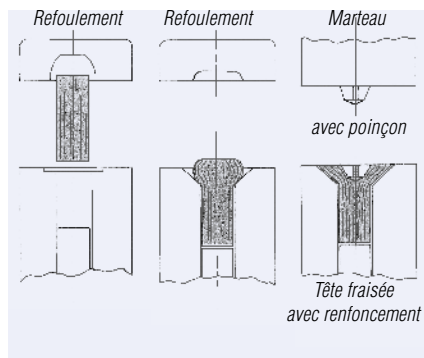
Pour les boulons très gros ou de forme complexe, le formage est toujours une option. Les grandes tailles nécessitent des forces de formage à froid élevées, résultant en une sévérité accrue des effets du travail à froid.

Pour le formage à froid, un fil continu est amené dans une presse à filage, où la fixation est formée par compression et réduction du diamètre du fil dans une filière (Fig. 1). Les filetages sont formés par un processus de roulage à froid (Fig. 2). Comme les filetages sont la partie la plus cruciale d'une vis, le processus de roulage, suivi d'un traitement thermique correct, est très important. Les processus de travail à froid augmentent la dureté, et pour les fixations en acier de haute qualité, différentes étapes de traitement thermique sont accomplies pour obtenir certaines propriétés d'un matériau pour des applications bien spécifiques. Les aciers à faible teneur en carbone sont carburés de façon à ce que leur centre soit tendre et ductile et leur surface dure. Les aciers au carbone sont durcis et trempés, et selon l'application, des variations de température pour l'austénisation et le trempage sont utilisées pour obtenir différentes propriétés mécaniques à partir d'une même matière première. Un durcissement supplémentaire de la surface, par exemple sur les têtes, peut être obtenu grâce à une trempe par induction. Lors des différentes étapes de formage et de traitement thermique, il y a d'autres étapes telles que le décapage, le nettoyage et le graissage.

Le revêtement pour une protection contre la corrosion est la dernière étape, généralement séparée de la fabrication elle-même. Pour une meilleure protection contre la corrosion, les fixations sont revêtues au manganèse, au zinc ou au phosphate de fer, puis graissées. La galvanisation au zinc et au cadmium ou le placage au chrome offrent une meilleure protection contre la corrosion, ainsi que les revêtements par dépôt en phase vapeur de cadmium et d'aluminium. (Dans certains pays, les revêtements au cadmium ne sont plus appliqués pour des raisons de pollution de l'environnement.)

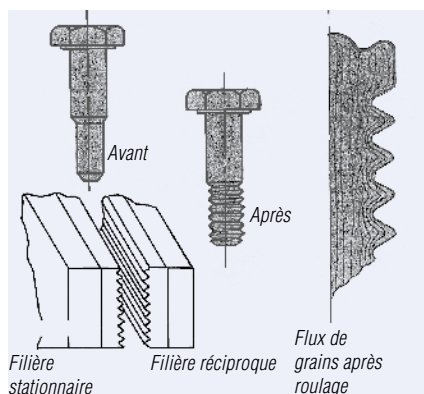
En plus des fixations en acier à faible teneur en carbone et en carbone pour les applications générales, les fixations sont fabriquées en acier de haute

Fig. 1 Formage de la tête à froid.  
Une opération de base formant le fil rond toujours «froid» en différentes formes essentielles.  
Une opération continue, automatique, devant néanmoins préserver la continuité des grains pour assurer la pleine intégrité de la fixation.



résistance pour les applications de construction et les constructions mécaniques, en acier inoxydable pour la résistance à la corrosion, en alliages à base de nickel et de cobalt pour les applications à haute température, et en titane dans l'industrie aéronautique, médicale et alimentaire. Les fixations non-ferreuses en laiton et cuivre sont utilisées pour les rails métalliques décoratifs et ornements. Les rivets d'acier sont utilisés dans l'industrie automobile et les rivets en titane sont principalement utilisés dans la construction externe des structures d'avions.

La condition principale pour la fabrication de bonnes fixations est une matière première de qualité. Il peut y avoir des défauts dans les barres tels que des lignes d'assemblage, des vides au centre de la barre, ou un traitement thermique incorrect produisant une mauvaise taille de grains ou structure. Tout cela peut créer des défauts lors de la production des fixations. Le contrôle qualité métallographique de la matière première est donc tout aussi important que le contrôle général de la production.



# Difficultés de préparation des fixations

La géométrie des fixations représente un vrai défi pour la préparation métallographique. Habituellement, la coupe doit passer par le centre de la vis et comme la tête dépasse, il peut se révéler difficile de serrer un rivet ou une vis suffisamment pour en faire la coupe transversale. Les gros boulons peuvent généralement être tronçonnés en deux sans difficultés. Cependant, plus la vis est mince, plus elle est difficile à tronçonner.

Ce problème de géométrie peut également avoir une incidence sur l'enrobage, car les courbes du filetage et de la tête sont des points où peuvent facilement apparaître un retrait de la résine d'enrobage. Ceci est tout particulièrement essentiel sur un matériau avec revêtement, car les revêtements ne peuvent pas être examinés correctement sans une bonne netteté des bords.



## Recommandations pour la préparation des fixations

Pour résoudre les problèmes de **tronçonnage et d'enrobage** ce qui suit peut être recommandé:

Pour les vis de taille moyenne ou les vis minces, un porte-échantillons spécial avec filetage peut être conçu pour maintenir fermement la pièce lors de la coupe transversale (Fig. 3). Pour les vis ou rivets moyens à petits, la tête peut être tronçonnée sur l'un des flans, de façon à ce que la vis puisse être couchée à plat dans la presse d'enrobage. Après l'enrobage, le reste de la vis peut être prépoli au milieu. Une alternative est le piston inférieur spécial pour la presse d'enrobage qui a un renforcement de chaque côté dans lesquels les têtes de vis se logent parfaitement (Fig. 4).

Pour les vis très petites, le tronçonnage n'est pas efficace. Il est nécessaire de les enrober avec une pièce de métal ou de plastique comme support pour surélever la vis, puis de les prépolir au milieu après l'enrobage (Fig. 5). La façon la plus efficace de prépolir les fixations est à l'aide d'une meule de prépolissage sur une machine de prépolissage automatique, tout particulièrement s'il s'agit de grosses quantités.

Pour l'enrobage à chaud, de la résine diallylphthalate avec



Fig. 3 :  
Porte-échantillons spécial pour le tronçonnage des vis

Fig. 2: Roulage des filets.  
Une ébauche de fixation est roulée entre deux filières plates avec rainures parallèles précises du type de filetage requis.  
Une opération de formage à froid – ou à chaud. Les filets roulés sont résistants et lisses, et il n'y a pas de perte de matériau.

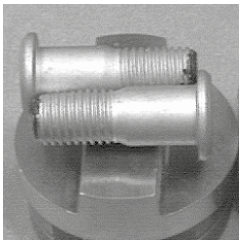


Fig. 4



Fig. 5

Fig. 4 :  
Piston inférieur spécial  
pour enrobage à chaud

Fig. 5 :  
Support de la vis pour  
l'enrobage

fibres de verre (IsoFast), ou de la résine phénolique aux fibres de carbone (PolyFast) sont recommandées, et pour l'enrobage à froid, des résines époxy (EpoFix), car elles ont le retrait le plus faible. Avant l'enrobage, les pièces devront être nettoyées soigneusement à l'aide d'un agent de dégraissage tel que l'acétone ou l'éthanol. Une attention particulière devra être apportée aux filetages et au rayon sous la tête pour s'assurer que la résine adhère correctement au matériau échantillon.

### Prépolissage et polissage

Lorsque les fixations ont été correctement tronçonnées et enrobées, le prépolissage et le polissage devront être accomplis selon le matériau spécifique. La grande variété de matériaux de fixation ne peut pas être entièrement couverte dans cette Note d'application. Nous avons choisi deux types de fixations en métal dont les méthodes de préparation sont indiquées dans les tableaux 1 et 2. (Pour des informations plus détaillées sur les préparations, veuillez vous reporter au e-Metalog de Struers ou aux Notes d'application de Struers). Les exemples de données de préparation indiquées dans cette Note d'application concernent les vis en laiton (Tableau no. 1) et les vis en acier faiblement allié (Tableau no. 2). Les données indiquées sont pour 6 échantillons enrobés, 30 mm de dia., serrés dans un porte-échantillons. Le prépolissage grossier au cœur des vis a été effectué sur la machine de prépolissage automatique Abraplan, et le prépolissage fin et polissage automatiques sur TegraPol de Struers.

### Attaque et interprétation de la structure

Pour l'attaque des sections métallographiques des fixations, les solutions d'attaque communes, recommandées pour les matériaux respectifs, tels que l'acier au carbone, le titane, le laiton, l'acier inoxydable, etc. sont utilisées.

Comme mentionné ci-dessus, lors de la production des fixations, des défauts mécaniques peuvent survenir tels que les beurrages, les fissures (Fig. 7a), les pliures et les chevauchements, pouvant être détectés par un examen visuel ou grâce à des méthodes non-destructrices telles que l'examen par pénétration de teinture et par particules magnétiques. La profondeur de ces défauts peut être détectée par des méthodes métallographiques (Fig. 7b). Les défauts microstructuraux sont dus en particulier au traitement thermique tel que la surchauffe (Fig. 8), la croissance des grains, l'oxydation et la décarburation intergranulaire (Fig. 9). Dans de nombreuses applications, la fracture des fixations filetées peut avoir de sérieuses conséquences, et l'analyse structurelle métallographique est essentielle pour déterminer la cause d'une fracture. Celles-ci peuvent apparaître avec le temps à cause de certaines influences, telles que les influences mécaniques comme les pliures et les charges, ou thermiques ainsi que les expositions ambiantes aux lubrifiants, à la vapeur, aux réactifs chimiques, etc. Tous ces facteurs peuvent provoquer des fractures causées par la fatigue (Fig. 6), la torsion, la friabilité, la corrosion et autres causes multiples.



Fig. 6 :  
Fracture due à la fatigue

### Résumé

Le terme de «fixations» englobe un vaste choix de boulons, vis, rivets et tiges, filetés et non-filetés qui tous exigent une matière première et des processus de production spécifiques. Un bon contrôle qualité métallographique de la matière première et de la production est essentiel pour assurer des fixations de qualité. Les vérifications métallographiques servent principalement à déterminer les dommages mécaniques et thermiques dus à la production et au traitement thermique subséquent. L'interprétation de la structure et des défauts demande une certaine expérience, car la variété des matériaux et des formes des fixations est très grande. Les problèmes spécifiques rencontrés lors de la préparation métallographique sont le tronçonnage et l'enrobage, qui peuvent être solutionnés grâce à un certain nombre d'outils utiles. La procédure de prépolissage et polissage dépend du matériau de la fixation à préparer et peut être accomplie sur un équipement automatique par une méthode en trois ou quatre étapes.

## Méthodes de préparation

Vis de laiton

### Prépolissage

Etape	PG	FG
Support	Papier SiC, #320	MD-Largo
Suspension		DiaPro Allegro/Largo
Lubrifiant	Eau	
t/m	300	150
Force [N]	180 *	180 *
Temps	A besoin	3 min.

### Polissage

Etape	DP	OP
Support	MD-Mol	MD-Chem
Suspension	DiaPro Mol	OP-S**
t/m	150	150
Force [N]	180 *	90 *
Temps	3 min.	3 min.

Tableau

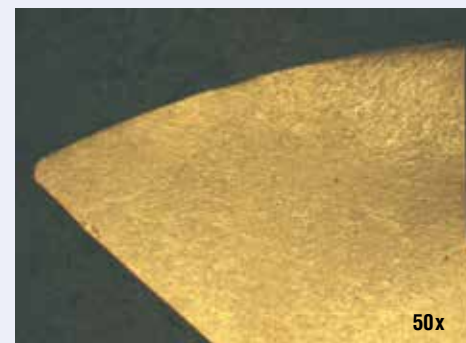
\* Valeur pour 6 échantillons enrobés, 30 mm de dia., serrés dans un porte-échantillons.  
\*\*96 ml d'OP-S  
2 ml d'ammoniaque (25%)  
2 ml de peroxyde d'hydrogène (33%)



Fig. 7a: Fente causée par point de soudure dans la tête d'un boulon en acier au carbone



Fig. 7b: Section transversale du point de soudure de la Fig. 7a. Réactif d'attaque: 3% de nital



Tête d'une vis en laiton avec lignes de formage à froid.  
Réactif d'attaque: Fer-chlorure (III)

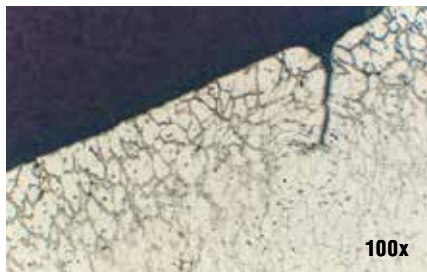


Fig. 8 :  
Limites de grain fondus par surchauffe lors du  
refoulement.  
Alliage à base de nickel.  
Réactif d'attaque: Kalling, modifié



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

## Méthode de préparation

Boulon, acier allié

### Prépolissage

Etape	PG	FG
Support	Meule 150#	MD-
Suspension	Allegro/Largo	DiaPro
Lubrifiant	Eau	
t/m	1500	150
Force [N]	200*	200*
Temps	A besoin	4 min.

### Polissage

Etape	DP 1	DP 2
Support	MD-Dac	MD-
Suspension	DiaPro Dac	DiaPro Nap B
t/m	150	150
Force [N]	200*	150*
Temps	4 min.	1-5 min.

Tableau 2 \* Valeur pour 6 échantillons  
enrobés, 30 mm de dia., errés  
dans un porte-échantillons



Filetage d'un boulon, acier trempé allié.  
Réactif d'attaque: 3% de nital

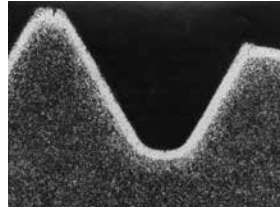


Fig. 9:  
Section de filetage  
montrant une  
décarburation.  
Réactif d'attaque:  
3% de nital

**AUSTRALIAN & NEW ZEALAND**  
**Struers Australia**  
17 Mayview 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 Organiza ní složka**  
v dekontechnický park  
P ílepská 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 Fióktelep  
Tatai ut 53  
2821 Gyermely  
Phone +36 (34) 880546  
Fax +36 (34) 880547  
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  
struers@struers.co.jp  
13.04.2018 R04 / 62340203

**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**  
Sjøskogenveien 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  
Weissenbrunnenstraße 41  
CH-8903 Birmensdorf  
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 - 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

### Application Notes

Préparation métallographique des fixations

Elisabeth Weidmann, Struers A/S, Danemark  
John McElwain, Struers Inc., Westlake OH, Etats-Unis

### Remerciements

Nous aimerions remercier Frauke Hogue,  
Hogue Metallography,  
Pacific Palisades, Ca, Etats-Unis  
pour leurs informations précieuses sur  
les microstructures des fixations.

Fig. 1 et 2: copyright 1975 Alcoa Global Fasteners, Inc.  
et ses filiales. Tous droits réservés.

Les illustrations sont une réimpression avec  
l'autorisation du détenteur de la copyright. Toute  
reproduction des illustrations, en entier ou en partie,  
sans l'autorisation du détenteur de la copyright, est  
strictement interdite.

### Bibliographie

Handbuch der hochfesten Schrauben  
K.-H. Kübler, W.J. Mage, Hrsg.: Kamax-Werke,  
Verlag W.Giradet, Essen, 1986

Schrauben Vademecum, K.H Illgner, D.Blume,  
Bauer und Schauer, Neuss, 1978

Characterization of defects in precision fasteners by  
metallographic methods.

Frauke Hogue, Structure 30, 1996