

①②

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

②② Date de dépôt : 02.02.99.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.08.00 Bulletin 00/31.

⑤⑥ Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la
procédure de rapport de recherche.

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés : Certificat d'utilité résultant de la trans-
formation volontaire de la demande de brevet dépo-
sée le 02/02/99.

⑦① Demandeur(s) : UNIMETAL Société anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : HERGESHEIMER MICHEL, BOUI-
CHOU JEAN PAUL et BELLUS JACQUES.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : ROVE CONSEILS.

⑤④ PROCEDE DE FABRICATION D'UN ORGANE DE FIXATION FILETE DE PETIT DIAMETRE PAR FRAPPE A
FROID D'UN FIL TREFILE EN ACIER A FORT DURCISSEMENT PAR ECROUISSAGE.

⑤⑦ Procédé de fabrication d'un organe de fixation fileté,
tel qu'une vis pour métaux, de la classe de qualité 8, 8, 9, 8
ou 10, 9 telles que définies par la norme ISO 898-1, par frap-
pe à froid d'un fil tréfilé de diamètre D_f inférieur à 4, 5 mm
avant frappe à froid, obtenu à partir d'un fil machine en acier
à fort durcissement par écrouissage. Selon le procédé, on
tréfile le fil machine pour obtenir un fil ébauche de diamètre
 D_e compris entre 1, 12 x D_f et 1, 29 x D_f ; on effectue sur le
fil ébauche un traitement thermique de régénération com-
portant au moins une austénitisation suivie d'un refroidisse-
ment jusqu'à une température inférieure à 100 °C; on tréfile
le fil ébauche jusqu'au diamètre D_f , et on effectue une opé-
ration de frappe à froid, suivie éventuellement d'un revête-
ment de surface, de façon à obtenir un organe de fixation
fileté ayant les caractéristiques mécaniques requises pour
la classe de qualité 8, 8, 9, 8 ou 10, 9.



La présente invention est relative à la fabrication d'organes de fixation filetés tels que des vis pour métaux, de petit diamètre, obtenus par frappe à froid d'un fil en acier.

Les organes de fixation filetés, appelés généralement « vis pour métaux » sont notamment les vis, les boulons et les goujons. Ils comportent une tige partiellement ou totalement filetées et, éventuellement, une tête. Ils sont fabriqués par frappe à froid d'un fil tréfilé en acier et, selon les caractéristiques mécaniques recherchées et les dimensions, notamment le diamètre, ils sont ou non soumis à un traitement thermique. Le fil tréfilé est obtenu par tréfilage d'un fil machine obtenu par laminage à chaud sur un train à fil, le fil machine ayant un diamètre supérieur ou égal à 5 mm.

Pour ces organes de fixation filetés, la norme ISO 898 - 1 définit des classes de qualité et des classes de dimension. Les classes de qualité correspondent à une résistance à la traction R_m minimale, un allongement à rupture $A\%$ minimal et une limite conventionnelle d'élasticité $R_{p0,2}$ minimale. La norme précitée définit, notamment, les classes de qualité :

- 8.8 : $R_m \geq 800$ MPa, $A\% \geq 12$ %, $R_{p0,2} \geq 640$ MPa ;
- 9.8 : $R_m \geq 900$ MPa, $A\% \geq 10$ %, $R_{p0,2} \geq 720$ MPa ;
- 10.9 : $R_m \geq 1000$ MPa, $A\% \geq 9$ %, $R_{p0,2} \geq 900$ MPa ;

La norme définit également des classes de dimension caractérisées par la section résistante nominale $A_{s_{nom}}$, et en particulier les classes :

- M4 : $A_{s_{nom}} = 8,78$ mm² ;
- M3.5 : $A_{s_{nom}} = 6,78$ mm² ;
- M3 : $A_{s_{nom}} = 5,03$ mm² ;

Il existe également des classes de dimension correspondant à des sections plus importantes.

Les organes de fixation filetés des classes de qualité 8.8, 9.8 et 10.9 sont généralement fabriqués à partir de fils en acier au carbone contenant de 0,25 % à 0,55 % de carbone, ou en acier faiblement allié contenant de 0,15 % à 0,4 % de carbone et de faibles additions d'éléments d'alliage tels que le manganèse, le chrome ou le bore. Le procédé de fabrication comporte les étapes suivantes :

- décapage et préparation de surface du fil machine,
- tréfilage avec taux de réduction adapté au diamètre de l'organe de fixation,
- recuit de globulisation pour permettre la frappe à froid,
- décapage et préparation de surface du fil tréfilé,
- 5 - skin pass,
- frappe à froid,
- traitement thermique de trempe et revenu,
- redressage (dans le cas des pièces longues),
- éventuellement, revêtement de surface.

10 Afin de simplifier ce procédé, on peut utiliser un acier à fort durcissement par écrouissage ayant, soit une structure ferrito-perlitique, soit une structure « dual phase », c'est à dire constituée d'îlots de MA, constitués de martensite et d'austénite résiduelle, dispersés dans une matrice ferritique. Les aciers « dual phase » contiennent en général environ 0,1% de carbone, 1,7 % de manganèse et 1 % de

15 silicium ; les aciers ferrito-perlitiques contiennent environ 0,2 % de carbone, 1 % de manganèse et éventuellement quelques millièmes de % de bore. Ils permettent de fabriquer des organes de fixation filetés sans traitement thermique de globulisation avant l'opération de frappe à froid, et sans traitement de trempe et revenu après l'opération de frappe à froid. Cette technique très avantageuse présente cependant

20 l'inconvénient de ne pas être adaptée aux classes de qualité 8.8, 9.8 et 10.9, lorsque le diamètre du fil tréfilé avant frappe à froid doit être inférieur à 4,6 mm environ. De ce fait, cette technique ne permet pas de fabriquer d'organes de fixation filetés des classes de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9, lorsque la classe dimensionnelle est M4, M3.5 ou M3. Pour fabriquer de tels organes de fixation filetés, il est nécessaire d'utiliser la

25 technique comportant un traitement de globulisation, un traitement de trempe et revenu et une opération de dressage.

 Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un moyen pour fabriquer sans recuit de globulisation, sans trempe et revenu, et sans dressage, un organe de fixation fileté de petit diamètre, de la classe

30 8.8, 9.8, ou 10.9, ou ayant des caractéristiques mécaniques comparables à celles qui sont requises pour ces classes de qualité.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un organe de fixation fileté, tel qu'une vis pour métaux, de la classe de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9 telles que définies par la norme ISO 898-1, par frappe à froid d'un fil tréfilé de diamètre D_f inférieur à 4,5 mm avant frappe à froid, obtenu à partir d'un fil machine en acier à fort durcissement par écrouissage, selon lequel :

- on tréfile le fil machine pour obtenir un fil ébauche de diamètre D_e compris entre $1,12 \times D_f$ et $1,29 \times D_f$,
- on effectue sur le fil ébauche un traitement thermique de régénération comportant au moins une austénitisation suivie d'un refroidissement jusqu'à la température ambiante (c'est à dire, en dessous de 100 °C),
- on tréfile le fil ébauche jusqu'au diamètre D_f ,
- et on effectue une opération de frappe à froid, suivie éventuellement d'un revêtement de surface, de façon à obtenir un organe de fixation fileté ayant les caractéristiques mécaniques requises pour la classe de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9.

L'acier utilisé peut être du type « dual phase » et le refroidissement effectué à la suite de l'austénitisation comporte un refroidissement jusqu'à une température de transformation isotherme de l'austénite en ferrite, et éventuellement un maintien à cette température, suivi d'une trempe, de façon à obtenir une structure dual phase constituée de ferrite et de 7 % à 25 % en volume d'îlots de MA.

Dans ce cas, la composition chimique de l'acier comprend, de préférence, en % en poids :

$$0,02 \% \leq C \leq 0,15 \%$$

$$1,4 \% \leq Mn \leq 2 \%$$

$$0,7 \% \leq Si \leq 1,3 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, et la structure obtenue après le traitement thermique de régénération est une structure du type dual phase constituée de ferrite et de 7 % à 25 % en volume d'îlots de MA.

Le traitement thermique peut être effectué au défilé, et dans ce cas, l'austénitisation est, de préférence, un maintien entre 870 °C et 1000 °C pendant un temps compris entre 0,5 mn et 3 mn. Après l'austénitisation, le fil ébauche est, par exemple, refroidit en moins de 10 s jusqu'à une température comprise entre 670 °C

et 750 °C et maintenu à cette température pendant un temps compris entre 10 secondes et 25 secondes, puis refroidi jusqu'à la température ambiante à une vitesse supérieure à 5 °C/s. Le refroidissement du fil ébauche jusqu'à une température comprise entre 670 °C et 750 °C et le maintien à cette température peut être obtenu par exemple en faisant passer le fil ébauche dans un bain de plomb fondu ou dans un bain de sel. Le refroidissement jusqu'à la température ambiante peut être obtenu par exemple par une trempe à l'eau ou une trempe au gaz.

L'austénitisation peut également être un maintien entre 870 °C et 950 °C pendant un temps compris entre 0,25 heures et 1 heure, et, après austénitisation, le fil ébauche peut être refroidi à l'air jusqu'à une température comprise entre 650 °C et 700 °C, puis trempé à l'eau.

L'acier peut, également, être du type ferrito-perlitique et le refroidissement effectué à la suite de l'austénitisation est un refroidissement lent, par exemple à l'air, de façon à obtenir une structure ferrito-perlitique.

Dans ce cas, la composition de l'acier est, de préférence, telle que :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$0,8 \% \leq Mn \leq 1,3 \%$$

$$B \leq 0,005 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, et le traitement de régénération est une austénitisation suivie d'un refroidissement à une vitesse inférieure à la vitesse critique d'apparition de bainite.

L'invention va maintenant être décrite plus en détails et illustrée par des exemples.

Pour fabriquer par exemple une vis de la classe de qualité 8.8 et de la classe dimensionnelle M4, c'est à dire ayant une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 800 MPa, un allongement A % supérieur ou égal à 12 %, une limite conventionnelle d'élasticité $R_{p0,2}$ supérieure ou égale à 640 MPa et une section résistante nominale $A_{s_{nom}}$ égale à 8,78 mm², ce qui correspond à un diamètre d'environ 3,4 mm, on utilise un acier dual phase dont la composition comprend, en % en poids :

$$0,02 \% \leq C \leq 0,15 \%$$

$$1,4 \% \leq \text{Mn} \leq 2 \%$$

$$0,7 \% \leq \text{Si} \leq 1,3 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Les impuretés sont notamment le soufre et le phosphore dont les teneurs doivent, de préférence, rester inférieures à 0,035 %.

L'acier est utilisé sous forme de fil machine dont le diamètre est de 5,5 mm. Après décapage et préparation de la surface du fil machine, comme il est conventionnel de le faire avant tréfilage, le fil machine est tréfilé jusqu'à un diamètre de D_e qui sera précisée plus loin. On obtient ainsi un fil ébauche. Le fil ébauche est alors soumis à un traitement thermique au défilé consistant en une austénitisation suivie d'un refroidissement à une vitesse supérieure à 25 °C/s jusqu'à une température de maintien pour assurer une transformation isotherme partielle de la structure en ferrite, puis à une trempe immédiate dans un fluide de trempe généralement à la température ordinaire, de façon à transformer l'austénite restante en îlots de MA. Le traitement est ajusté pour obtenir une structure dual phase dans laquelle la teneur en îlots de MA, en % en volume, est comprise entre 7 % et 25 %.

L'austénitisation est un chauffage au dessus du point AC_3 de l'acier pendant un temps suffisant pour que la structure devienne totalement austénitique. La température de chauffage est comprise, de préférence, entre 870 °C et 1000°C, et le temps de maintien est compris, de préférence, entre 0,5 et 3 mn. Par exemple, l'austénitisation peut correspondre à un maintien à 930 °C environ, pendant 1,5 mn environ.

Le maintien destiné à assurer la transformation isotherme partielle de l'austénite en ferrite, est effectué à une température inférieure à 750 °C, et de préférence supérieure à 670 °C. Le temps de maintien est compris, de préférence, entre 10 s et 25 s. En ajustant la température de maintien et le temps de maintien on peut régler la proportion d'austénite transformée en ferrite en fin de maintien, et ainsi, ajuster les caractéristiques mécaniques obtenues. Pour obtenir un fil ébauche adapté à la classe de qualité 8.8, la température de maintien est d'environ 690°C et le temps de maintien est compris entre 15 s et 20 s. Le taux d'îlots de MA obtenu est d'environ 16 %.

Le traitement thermique est réalisé en faisant défiler le fil ébauche dans un four à passage dans lequel le fil ébauche est porté à la température d'austénitisation souhaitée. La vitesse de défilement du fil ébauche est ajustée pour que le temps de maintien à cette température corresponde au temps de maintien souhaité. A la sortie du four à passage, le fil est introduit dans un bain isotherme de sel ou de plomb fondu dont la température est égale à la température souhaitée pour le maintien isotherme. Le fil défile dans le bain isotherme de façon à rester le temps souhaité à la température de transformation isotherme. A la sortie du bain isotherme, le fil passe dans une boîte à eau ou dans un dispositif connu en lui même de trempe par soufflage d'un gaz tel que de l'air.

Le traitement thermique ainsi effectué (austénitisation à 930 °C pendant 1,5 mn, maintien isotherme à 690 °C pendant 15 à 20 s) permet d'obtenir pour le fil ébauche une résistance à la traction R_m de 699 MPa, une limite d'élasticité conventionnelle $R_{p0,2}$ comprise entre 368 et 381 MPa et une striction $Z\%$ d'environ 65 %.

Après le traitement thermique, le fil ébauche est tréfilé avec un taux de réduction compris entre 20 % et 40 %, et de préférence , voisin de 30 %, pour obtenir un fil tréfilé de diamètre D_f permettant d'obtenir directement par frappe à froid les caractéristiques mécaniques requises. Du fait que le taux de réduction (égal à : $100 \times (1 - \text{section finale}/\text{section initiale})$), est compris entre 20 % et 40 %, le diamètre initial D_e est compris entre $1,12 \times D_f$ et $1,29 \times D_f$. Pour obtenir un organe de fixation fileté de la classe dimensionnelle M4, le diamètre D_f est d'environ 3,68 mm. Comme le taux de réduction pour obtenir les caractéristiques mécaniques de la classe de qualité 8.8 est d'environ 30 %, le diamètre D_e du fil ébauche est d'environ 4,4 mm. En général, le tréfilage proprement dit est effectué après décapage et préparation de la surface du fil ébauche.

Le fil tréfilé est alors soumis à une opération de frappe à froid qui permet d'obtenir un organe de fixation fileté, tel qu'une vis, un boulon ou un goujon, ayant les caractéristiques mécaniques de la classe de qualité 8.8. La surface de l'organe de fixation fileté peut éventuellement être revêtue, par exemple, de Darcomet ou de Cadmium.

Un organe de fixation de plus petit diamètre, par exemple de la classe de dimension M3.5, peut être obtenu de la même façon, mais en effectuant le premier tréfilage de façon à obtenir un diamètre $D_e = 3,9$ mm et en effectuant le même traitement thermique que précédemment et le deuxième tréfilage avec un taux de réduction de 30 % pour obtenir un diamètre $D_f = 3,23$ mm.

Pour obtenir un organe de fixation de la classe de dimension M3, $D_e = 3,4$ mm et $D_f = 2,78$ mm, environ.

Avec les mêmes conditions de traitement thermiques que précédemment, mais avec un taux de réduction au cours du tréfilage final plus important, par exemple, 40 %, il est possible d'obtenir les caractéristiques mécaniques de la classe de qualité 9.8. Cela conduit à des diamètres D_e de 5,1 mm, 4,5 mm et 3,9 mm pour les classes dimensionnelles M4, M3.5 et M3, respectivement.

Avec un taux de réduction de 30 %, il est possible d'obtenir les caractéristiques correspondant à la classe de qualité 10.9, à condition d'effectuer le maintien isotherme à 750 °C pendant 15 à 20 s. En effet, dans ces conditions, le taux d'îlots de MA obtenu est d'environ 20 % et le fil ébauche a une résistance à la traction R_m de 770 MPa environ, une limite d'élasticité conventionnelle $R_{p0,2}$ de 420 MPa environ, et une striction Z % de 63 % environ. L'écrouissage engendré par le tréfilage avec un taux de réduction de 30 % et par la frappe à froid conduit aux caractéristiques mécaniques recherchées pour la classe de qualité 10.9. Les diamètres du fil ébauche sont les mêmes que pour la classe de qualité 8.8.

Dans un autre mode de réalisation, le traitement thermique peut être réalisé sur des couronnes de fil, par exemple en effectuant une austénitisation à 850 °C environ pendant ½ heure, puis en laissant le fil refroidir à l'air jusqu'à une température comprise entre 650 °C et 790 °C, puis en effectuant une trempe à l'eau. Lorsque le refroidissement à l'air est d'environ 675 °C, le taux d'îlots de MA est d'environ 16 %, ce qui permet d'obtenir les caractéristiques mécaniques des classes de qualité 8.8 et 9.8. Lorsque le refroidissement à l'air est d'environ 750 °C, le taux d'îlots de MA est d'environ 20 %, ce qui permet d'obtenir les caractéristiques mécaniques des classes de qualité 10.9.

Dans un autre mode de réalisation, l'acier utilisé est un acier dont la composition comprend :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$0,8 \% \leq Mn \leq 1,3 \%$$

$$B \leq 0,005 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Le fil machine est d'abord tréfilé jusqu'à un diamètre D_e afin d'obtenir un fil ébauche. Le fil ébauche est alors austénitisé entre 870 °C et 950 °C, puis refroidi jusqu'à la température ambiante à une vitesse de refroidissement supérieure à 25 °C/s de façon à obtenir une structure essentiellement ferrito-perlitique. Le fil ébauche est alors tréfilé jusqu'au diamètre D_f , puis l'opération de frappe à froid est effectuée.

D'une façon générale, le procédé selon l'invention consiste à effectuer un premier tréfilage jusqu'à un diamètre intermédiaire, puis à effectuer un traitement thermique de régénération destiné à conférer au fil une structure permettant d'obtenir directement par tréfilage avec un taux de réduction de 20 % à 40 % et frappe à froid, les caractéristiques mécaniques des classes de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9. Cette structure est une structure soit ferrito-perlitique, soit dual phase, c'est à dire constituée d'une matrice ferritique contenant des îlots de martensite dans la proportion de 10 % à 25 % en volume.

D'une façon générale, le traitement thermique comprend une austénitisation suivie:

- soit d'un refroidissement jusqu'à une température de maintien comprise dans le domaine de transformation ferritique d'un diagramme de transformation isotherme, d'un maintien à cette température pour assurer une transformation de 75 % à 93 % de l'austénite en ferrite, puis d'une trempe à l'eau ou au gaz de façon à transformer l'austénite restante en îlots de MA,

- soit d'un refroidissement jusqu'à la température ambiante à une vitesse de refroidissement inférieure à la vitesse critique à laquelle peuvent apparaître de la bainite ou de la martensite, afin d'obtenir une structure essentiellement ferrito-perlitique.

Les conditions particulières du traitement thermiques peuvent être déterminées au cas par cas par l'homme du métier en fonction de la composition chimique de l'acier, de la structure recherchée et de la classe de qualité à obtenir.

Le traitement thermique peut être réalisé au défilé ou sur des couronnes de fil.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé de fabrication d'un organe de fixation fileté, tel qu'une vis pour
5 métaux, de la classe de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9 telles que définies par la norme ISO 898-1, par frappe à froid d'un fil tréfilé de diamètre D_f inférieur à 4,5 mm avant frappe à froid, obtenu à partir d'un fil machine en acier à fort durcissement par écrouissage, caractérisé en ce que :

- on tréfile le fil machine pour obtenir un fil ébauche de diamètre D_e compris entre
10 $1,12 \times D_f$ et $1,29 \times D_f$,

- on effectue sur le fil ébauche un traitement thermique de régénération comportant au moins une austénitisation suivie d'un refroidissement jusqu'à une température inférieure à 100 °C,

- on tréfile le fil ébauche jusqu'au diamètre D_f ,

15 - et on effectue une opération de frappe à froid, suivie éventuellement d'un revêtement de surface, de façon à obtenir un organe de fixation fileté ayant les caractéristiques mécaniques requises pour la classe de qualité 8.8, 9.8 ou 10.9.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'acier utilisé est un acier du type « dual phase » et en ce que le refroidissement effectué à la suite de
20 l'austénitisation comporte un maintien à une température de transformation isotherme de l'austénite en ferrite, et éventuellement un maintien à cette température, suivi d'une trempe, de façon à obtenir une structure dual phase constituée de ferrite et de 7 % à 25 % en volume d'îlots de MA.

3 - Procédé de fabrication d'un organe de fixation fileté, selon la revendication
25 2 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier comprend, en % en poids :

$$0,02 \% \leq C \leq 0,15 \%$$

$$1,4 \% \leq Mn \leq 2 \%$$

$$0,7 \% \leq Si \leq 1,3 \%$$

30 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le traitement thermique est effectué au défilé, en ce que l'austénitisation est un maintien entre 870 °C et 1000 °C pendant un temps compris entre 0,5 mn et 3 mn, et en ce que après l'austénitisation, le fil ébauche est refroidi en moins de 10 s jusqu'à une température comprise entre 670 °C et 750 °C et maintenu à cette température pendant un temps compris entre 10 secondes et 25 secondes, puis refroidi jusqu'à la température ambiante à une vitesse supérieure à 5 °C/s.

5 - Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que le refroidissement du fil ébauche jusqu'à une température comprise entre 670 °C et 750 °C et le maintien à cette température est obtenu en faisant passer le fil ébauche dans un bain de plomb fondu ou dans un bain de sel.

6 - Procédé selon la revendication 4 ou la revendication 5 caractérisé en ce que le refroidissement jusqu'à la température ambiante est obtenu par une trempe à l'eau ou une trempe au gaz.

7 - Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que l'austénitisation est un maintien entre 870 °C et 950 °C pendant un temps compris entre 0,25 heures et 1 heure, et en ce que, après austénitisation, le fil ébauche est refroidi à l'air jusqu'à une température comprise entre 650 °C et 700 °C, puis trempé à l'eau.

8 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'acier est du type ferrito-perlitique et en ce que le refroidissement effectué à la suite de l'austénitisation est un refroidissement lent, par exemple à l'air, de façon à obtenir une structure ferrito-perlitique.

9 - Procédé selon la revendication 9 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier comprend :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$0,8 \% \leq Mn \leq 1,3 \%$$

$$B \leq 0,005 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.