

---

---

**Appareils de levage à charge  
suspendue — Conception générale —  
États limites et vérification d'aptitude  
des crochets forgés**

*Cranes — General design — Limit states and proof of competence of  
forged steel hooks*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 17440:2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 17440:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2014

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles.....</b>	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Prescriptions générales.....</b>	<b>5</b>
4.1 <b>Matériaux.....</b>	<b>5</b>
4.2 <b>Qualité d'exécution .....</b>	<b>7</b>
4.3 <b>Tolérances de fabrication .....</b>	<b>7</b>
4.4 <b>Traitement thermique.....</b>	<b>8</b>
4.5 <b>Charge d'épreuve .....</b>	<b>8</b>
4.6 <b>Géométrie du corps du crochet.....</b>	<b>9</b>
4.7 <b>Usinage de la tige du crochet .....</b>	<b>11</b>
4.8 <b>Ecrou.....</b>	<b>12</b>
4.9 <b>Suspension du crochet.....</b>	<b>12</b>
<b>5</b> <b>Résistance statique.....</b>	<b>12</b>
5.1 <b>Généralités .....</b>	<b>12</b>
5.2 <b>Force verticale de calcul.....</b>	<b>13</b>
5.3 <b>Force horizontale de calcul.....</b>	<b>13</b>
5.4 <b>Moment de flexion de la tige .....</b>	<b>14</b>
5.5 <b>Corps du crochet, contraintes de calcul.....</b>	<b>18</b>
5.6 <b>Tige du crochet, contraintes de calcul.....</b>	<b>20</b>
5.7 <b>Crochet, vérification de la résistance statique.....</b>	<b>20</b>
<b>6</b> <b>Résistance à la fatigue.....</b>	<b>22</b>
6.1 <b>Généralités .....</b>	<b>22</b>
6.2 <b>Force verticale de calcul pour la fatigue.....</b>	<b>22</b>
6.3 <b>Force horizontale de calcul pour la fatigue .....</b>	<b>22</b>
6.4 <b>Moment de flexion de calcul de la tige pour la fatigue.....</b>	<b>23</b>
6.5 <b>Vérification de la résistance à la fatigue, corps du crochet.....</b>	<b>24</b>
6.6 <b>Vérification de la résistance à la fatigue, tige du crochet.....</b>	<b>29</b>
6.7 <b>Calcul en fatigue des tiges de crochet pour les crochets fabriqués en série.....</b>	<b>38</b>
<b>7</b> <b>Vérification de la conformité aux prescriptions .....</b>	<b>38</b>
7.1 <b>Généralités .....</b>	<b>38</b>
7.2 <b>Vérification de la fabrication .....</b>	<b>38</b>
7.3 <b>Chargement d'épreuve.....</b>	<b>39</b>
7.4 <b>Essai non destructif (NDT) .....</b>	<b>39</b>
7.5 <b>Echantillonnage d'essai.....</b>	<b>39</b>
<b>8</b> <b>Informations pour l'utilisation.....</b>	<b>39</b>
8.1 <b>Entretien et inspection.....</b>	<b>39</b>
8.2 <b>Marquage.....</b>	<b>40</b>
8.3 <b>Utilisation en toute sécurité .....</b>	<b>41</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Série d'exemples de crochets simples.....</b>	<b>42</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Série d'exemples de crochets doubles .....</b>	<b>48</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Forces statiques limites de calcul des corps de crochet des Annexes A et B .....</b>	<b>50</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Forces limites de calcul en fatigue des corps de crochet des Annexes A et B .....</b>	<b>52</b>

<b>Annexe E</b> (normative) <b>Calcul du corps du crochet et facteurs spécifiques de rapport de spectre</b> .....	<b>54</b>
<b>Annexe F</b> (informative) <b>Echantillon de calculs de résistance à la fatigue de crochets éprouvés (avec charge d'épreuve appliquée)</b> .....	<b>58</b>
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Série de conceptions de tiges et de filetages de crochet</b> .....	<b>64</b>
<b>Annexe H</b> (normative) <b>Flexion de poutres courbes</b> .....	<b>72</b>
<b>Annexe I</b> (normative) <b>Calcul de la résistance au balancement de la suspension du crochet, avec articulation par charnière ou par mouflage</b> .....	<b>75</b>
<b>Annexe J</b> (informative) <b>Directives pour la sélection d'une dimension de crochet selon les Annexes C à E</b> .....	<b>79</b>
<b>Annexe K</b> (normative) <b>Informations à fournir par le fabricant de crochet</b> .....	<b>81</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>82</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 17440:2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour développer ce document and celles prévues pour son entretien complémentaire sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. En particulier, les différents critères d'approbation demandés pour les différents types de documents ISO devraient être notés. Ce document a été rédigé conformément aux règles rédactionnelles des Directives ISO/CEI, Partie 2. [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails de tout droit de propriété intellectuelle identifié pendant le développement de ce document devront être dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevet reçues. [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)

Toute appellation commerciale utilisée dans ce document est une information donnée pour la commodité des utilisateurs et ne constitue pas un endossement.

Pour une explication de la signification de termes ISO spécifiques et d'expressions liées à la vérification de conformité, ainsi que de l'information à propos de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques aux échanges (TBT), voir l'URL suivant : Avant-propos-Information complémentaire.

L'ISO 17440 a été élaborée par le comité technique responsable de ce document est l'ISO/TC 96, *Appareils de levage à charge suspendue*, sous-comité SC 8, *Grues à flèche*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 17440:2014](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d1ccd7f-888c-4f41-8865-5a9b583f6ad3/iso-17440-2014>

# Appareils de levage à charge suspendue — Conception générale — Etats limites et vérification d'aptitude des crochets forgés

## 1 Domaine d'application

Il convient d'utiliser la présente Norme conjointement avec les autres normes internationales appropriées de sa série. En tant que telles, elles spécifient les conditions générales, prescriptions et méthodes permettant d'éviter les phénomènes dangereux associés aux crochets faisant partie intégrante de tous les types d'appareils de levage à charge suspendue.

La présente Norme internationale couvre les composants de crochets et types de crochets suivants :

- corps de tout type de crochets à bec en acier forgé ;
- tiges usinées de crochets à suspension par vis/écrou.

NOTE 1 Les principes de la présente Norme internationale peuvent s'appliquer à d'autres types de crochets à tige et également lorsque les facteurs de concentration des contraintes correspondant à cette construction de tige sont déterminés et utilisés. Les crochets lamellaires constitués de l'assemblage d'une ou de plusieurs tôles en acier laminé ne sont pas couverts par la présente Norme internationale.

La présente Norme internationale s'applique aux crochets dont les matériaux présentent une résistance à la traction inférieure à 800 N/mm<sup>2</sup> et une limite d'élasticité inférieure à 600 N/mm<sup>2</sup>.

La liste suivante spécifie les situations et les événements dangereux significatifs susceptibles d'entraîner des risques pour les personnes lors d'une utilisation normale ou d'une mauvaise utilisation prévisible. Les Articles 4 à 8 du présent document sont nécessaires pour réduire ou éliminer les risques associés aux phénomènes dangereux suivants :

- a) dépassement des limites de résistance (élasticité, rupture, fatigue) ;
- b) dépassement des limites de température du matériau ;
- c) décrochage intempestif de la charge du crochet.

Les prescriptions de la présente Norme internationale sont spécifiées dans le corps du texte du document et s'appliquent aux conceptions de crochet en général. Les conceptions de corps et de tige de crochet énumérées dans les Annexes A, B et G ne sont seulement des exemples et il convient de ne pas les citer comme des prescriptions de la présente Norme internationale.

La présente Norme internationale s'applique aux appareils de levage à charge suspendue construits après la date de sa publication, et sert de base de référence pour les normes de produit de types particuliers d'appareils de levage à charge suspendue.

NOTE 2 La présente Norme Internationale considère uniquement la méthode des états limites selon l'ISO 8686-1.

## 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les

références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 148-1, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 1 : Méthode d'essai*

ISO 148-2, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 2 : Vérification des machines d'essai (mouton-pendule)*

ISO 643, *Aciers — Détermination micrographique de la grosseur de grain apparente*

ISO 965-1, *Filetages métriques ISO pour usages généraux — Tolérances — Partie 1 : Principes et données fondamentales*

ISO 4287, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface : Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface*

ISO 4306-1, *Appareils de levage à charge suspendue — Vocabulaire — Partie 1 : Généralités*

ISO 4301-1, *Grues et appareils de levage — Classification — Partie 1 : Généralités*

ISO 6892-1, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1 : Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 8686-1, *Appareils de levage à charge suspendue — Principes de calcul des charges et des combinaisons de charge — Partie 1 : Généralités*

ISO 9327-1, *Pièces forgées et barres laminées ou forgées en acier pour appareils à pression — Conditions techniques de livraison — Partie 1 : Exigences générales*

ISO 7500-1, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1 : Machines d'essai de traction/compression — Vérification et étalonnage du système de mesure de force*

ISO 12100-1, *Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception — Partie 1 : Terminologie de base, méthodologie*

ISO 15579, *Matériaux métalliques — Essai de traction à basse température*

EN 10228-3, *Essais non destructifs des pièces forgées en acier — Partie 3 : Contrôle par ultrasons des pièces forgées en aciers ferritiques et martensitiques.*

EN 10243-1, *Pièces forgées par estampage en acier — Tolérances dimensionnelles — Partie 1 : Pièces exécutées à chaud sur marteaux pilons ou presses verticales*

### 3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 12100-1 et l'ISO 4306-1 s'appliquent, ainsi que les termes, définitions et symboles (voir Tableau 1) suivants.

**3.1 tige du crochet**  
partie supérieure du crochet, par laquelle le crochet est suspendu au dispositif de levage de l'appareil de levage à charge suspendue

**3.2 corps du crochet**  
partie courbe inférieure du crochet située sous la tige



## 3.3

**siège du crochet**

partie inférieure du corps du crochet, où repose accessoire de levage

## 3.4

**articulation de suspension du crochet**

élément de la suspension du crochet, permettant au crochet de basculer le long de la ligne de charge inclinée

**Tableau 1 — Symboles**

<b>Symboles</b>	<b>Description</b>
$A_{d1}$	Section transversale de la tige forgée
$A_{d4}$	Section transversale de la section critique de la tige du crochet
$A_v$	Energie de rupture minimale du matériau
$a$	Accélération
$a_1$	Diamètre du siège
$a_2$	Ouverture du bec
$a_3$	Hauteur réelle du bec
$b_{max}$	Largeur maximale dans la section critique du corps du crochet
$b_{ref}$	Largeur de référence
$C$	Nombre total de cycles de travail pendant la durée de vie utile de l'appareil de levage
$C_t$	Résistance relative au balancement de la suspension du crochet
$c_e$	Coefficient pour l'excentricité de la charge
$D$	Endommagement cumulé en fatigue (hypothèse de Palmgren-Miner)
$d_1$	Diamètre de la tige forgée
$d_3$	Diamètre extérieur du filet
$d_4$	Diamètre de la section dégagée de la tige
$d_5$	Diamètre intérieur du filet
$e_R$	Distance de la ligne de charge verticale à l'axe de la tige
$F$	Force verticale
$F_H$	Force verticale exercée sur le crochet due à des charges occasionnelles ou exceptionnelles
$F_{Rd,s}, F_{Rd,f}$	Forces limites de calcul, statique / fatigue
$F_{Sd,s}$	Force verticale de calcul pour la vérification de la résistance statique
$F_{Sd,f}$	Force verticale de calcul pour la vérification de la résistance à la fatigue
$f_1, f_2, f_3$	Autres facteurs d'influence
$f_{Rd}$	Contrainte limite de calcul
$f_y$	Limite d'élasticité
$f_u$	Résistance à la traction
$g$	Accélération due à la pesanteur, $g=9.81 \text{ m/s}^2$
$H_{Sd,s}$	Force horizontale de calcul du crochet
$H_{Sd,f}$	Force horizontale de calcul pour la vérification de la résistance à la fatigue
$h_1, h_2$	Hauteurs de sections du corps du crochet

Symboles	Description
$h$	Distance verticale entre le fond du siège du corps de crochet et le centre de l'articulation
$h_s$	Distance verticale entre le fond du siège du corps de crochet et la section critique de la tige du crochet
$i$	Indice d'un cycle de levage ou d'un cycle de contrainte
$I$	Moment d'inertie de référence pour poutre courbe
$I_{dl}$	Moment d'inertie de la tige forgée
$I_{d4}$	Moment d'inertie de la section critique de la tige du crochet
$k_C$	Facteur de conversion pour spectre de contrainte et service classé
$k_h, k_s$	Facteurs de spectre de contrainte
$k_Q$	Facteur de spectre de charge, conformément à l'ISO 8686-1
$k_5^*, k_6^*$	Facteurs spécifiques de rapport de spectre, $m = 5 / 6$
$lg$	Logarithme de base 10
$M_1, M_2, M_3, M_4$	Moments de flexion de la tige du crochet
$M_{1,f,i}, M_{2,f,i}, M_{3,f,i}$	Moment de flexion de la tige du crochet pour la vérification de la résistance à la fatigue, cycle de levage $i$
$M_{Sd,s}$	Moment de flexion de calcul en statique
$m$	Paramètre de la pente de la courbe caractéristique de calcul en fatigue
$m_{RC}$	Masse de la charge de levage nominale
$m_i$	Masse de la charge au crochet dans un cycle de levage $i$
$N$	Nombre total de cycles de contrainte / cycles de levage
$N_D$	Nombre de référence de cycles de contrainte, $N_D = 2 \times 10^6$
$p$	Pas du filet
$p_a$	Nombre moyen d'accélération associé à un cycle de levage
$R$	Rayon de courbure du corps du crochet
$R_a$	Ecart moyen de rugosité conformément à l'EN ISO 4287:1998
$R_z$	Hauteur moyenne de profil de rugosité conformément à l'EN ISO 4287:1998
$r_9$	Rayon de dépouille du dégagement
$r_{th}$	Rayon à fond de filet
$s$	Longueur du dégagement
$s_h, s_s$	Paramètres de l'historique de contrainte
$s_Q$	Paramètre de l'historique de charge
$t$	Profondeur du filet
$T$	Température de fonctionnement
$u_S, u_T$	Profondeurs des entailles
$\alpha$	Angle
$\alpha_S, \alpha_T$	Facteurs de concentration de contrainte

Symboles	Description
$\beta$	Angle ou direction d'inclinaison (balancement) du crochet
$\beta_n, \beta_{hS}, \beta_{nT}$	Facteurs d'effet d'entaille
$\phi_2$	Facteur dynamique pour le levage d'une charge libre au sol
$\phi_5$	Facteur dynamique pour les changements d'accélération d'un mouvement
$\gamma_n$	Coefficient de risque
$\gamma_p$	Facteur partiel de sécurité
$\gamma_m$	Coefficient de résistance général
$\gamma_{sm}$	Coefficient de résistance spécifique
$\gamma_{Hf}, \gamma_{Sf}$	Facteurs de résistance spécifiques à la fatigue
$\eta_1$	Distance au bord d'une section de corps de crochet
$\nu$	Facteur pour composante de charge
$N_h, N_s$	Nombres relatifs de cycles de contrainte
$\mu$	Facteur pour l'influence de la contrainte moyenne
$\sigma_a$	Contrainte dans la tige due à une force axiale
$\sigma_b$	Contrainte dans la tige due au moment de flexion
$\sigma_m$	Contrainte moyenne dans un cycle de contrainte
$\sigma_A$	Amplitude de contrainte dans un cycle de contrainte
$\sigma_{Sd}$	Contrainte de calcul
$\sigma_M$	Amplitude de la résistance en fatigue de base, pièce non entaillée
$\sigma_p$	Étendue totale de contrainte pour un cycle de contrainte répétée
$\sigma_W$	Amplitude de la résistance en fatigue, pièce entaillée
$\sigma_{Tmax}, \sigma_{T1}, \sigma_{T2}$	Amplitudes de contrainte transformées
$\Delta\sigma_c$	Résistance caractéristique en fatigue
$\Delta\sigma_{Rd}$	Contrainte limite de calcul en fatigue
$\Delta\sigma_{Sd,i}$	Étendue de contrainte dans un cycle de levage i
$\Delta\sigma_{Sd,max}$	Étendue maximale des contraintes

## 4 Prescriptions générales

### 4.1 Matériaux

Le matériau du crochet dans le produit fini doit présenter une ductilité suffisante pour éviter la rupture fragile à la plage de température d'utilisation spécifiée pour le crochet. Le matériau du crochet, après forgeage et traitement thermique, doit présenter un allongement et une énergie minimale de rupture sur éprouvette Charpy qui soient conformes au Tableau 2.

**Tableau 2 — Prescriptions relatives à l'essai de résistance au choc et à l'allongement du matériau du crochet**

Température de fonctionnement	Température d'essai de résistance au choc	Allongement minimum $A_5$	Energie de rupture minimale $A_v$
$T \geq -10\text{ °C}$	$0\text{ °C}$	15 %	35 J
$T \geq -20\text{ °C}$	$-10\text{ °C}$		
$-30\text{ °C} > T \geq -40\text{ °C}$	$-30\text{ °C}$		
$-40\text{ °C} > T \geq -50\text{ °C}$	$-40\text{ °C}$		

Pour satisfaire aux prescriptions de température de fonctionnement, le fabricant doit utiliser un acier allié ou non allié, selon le cas, qui après un traitement thermique approprié doit permettre d'atteindre la nuance de propriété mécanique choisie pour la forme de crochet sélectionnée, en tenant compte de son épaisseur de référence individuelle.

L'acier doit être produit par un procédé électrique ou par un des procédés à l'oxygène.

L'acier doit être totalement calme, protégé contre la fragilisation par écrouissage et avoir une grosseur de grain austénitique de 6 ou plus fin lors de l'essai conforme à l'ISO 643. Cela doit être accompli en s'assurant que l'acier contient suffisamment d'aluminium (au minimum 0,025%) pour permettre la fabrication de crochets protégés contre la fragilisation par écrouissage en service.

L'acier ne doit pas contenir plus de soufre et de phosphore que les limites indiquées dans le Tableau 3.

**Tableau 3 — Teneur en soufre et phosphore**

Elément	Teneur massique maximale déterminée par	
	Analyse de coulée %	Analyse de contrôle %
Soufre (S)	0,020	0,025
Phosphore (P)	0,020	0,025
Somme de S + P	0,035	0,045

Les propriétés mécaniques (limite d'élasticité, résistance à la traction) dépendent de l'épaisseur du corps du crochet forgé. Une épaisseur de référence doit être utilisée, il peut s'agir de la plus grande largeur du siège du crochet ou du diamètre de la tige, en retenant la valeur la plus grande.

Pour les besoins de normalisation, le Tableau 4 spécifie une classification des nuances de matériau pour les crochets forgés. Les valeurs des propriétés mécaniques données dans le Tableau 4 doivent être utilisées comme les valeurs de calcul et doivent être garanties comme valeurs minimales par le fabricant de crochet.

Tableau 4 — Propriétés des matériaux pour des nuances de matériau classés

Référence de classe de matériau	Propriétés mécaniques	
	Limite supérieure d'élasticité ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % $f_y$ N/mm <sup>2</sup>	Résistance à la traction $f_u$ N/mm <sup>2</sup>
M	215	340
P	315	490
S	380	540
T	500	700
V	600	800
Tous les matériaux sélectionnés doivent satisfaire la prescription suivante : $f_u/f_y \geq 1,2$		

#### 4.2 Qualité d'exécution

Le procédé de fabrication, les essais en usine et les conditions de livraison doivent satisfaire les prescriptions de l'ISO 9327-1.

Chaque corps de crochet doit être forgé à chaud en une seule pièce. Les veines macroscopiques de forgeage doivent suivre le profil du corps de crochet. Tout métal en excès après l'opération de forgeage doit être retiré proprement en laissant la surface exempte de toute arête vive.

Le profilage à la fraise à partir de tôles laminées n'est pas admis pour les crochets forgés.

La rugosité de la surface du siège du crochet dans le produit fini doit être inférieure ou égale à  $R_z$  500  $\mu\text{m}$ . Le meulage peut être utilisé pour atteindre la qualité de surface requise. Toute marque de meulage doit être circonférentielle par rapport au cercle du siège.

Après le traitement thermique, la calamine doit être retirée et le corps du crochet doit être exempt de défauts nuisibles, y compris des fissures. Le forgeage du crochet doit être garanti de tout défaut en appliquant les méthodes d'essais non destructifs appropriées conformément à l'EN 10228-3. Les prescriptions de la classe de qualité 1 de l'EN 10228-3 doivent être satisfaites.

Aucun soudage ne doit être réalisé à quelque étape de la fabrication que ce soit.

#### 4.3 Tolérances de fabrication

Les tolérances dimensionnelles doivent être satisfaites conformément à l'EN 10243-1 pour la classe de forgeage F, à l'exception des modifications spécifiées dans le présent document.

Le diamètre du cercle intérieur du siège et l'ouverture du bec doivent s'inscrire dans les tolérances [0 ; +7 %] de la dimension nominale. La hauteur réelle du bec  $a_3$  doit s'inscrire dans les tolérances [- 7 % ; + 7 %] de la dimension nominale.

L'axe de la tige usinée ne doit pas s'écarter du centre du siège de plus de  $\pm 0,02 a_1$ .

La forme du crochet dans son propre plan doit être telle que les centres des sections solides spécifiés par les deux flancs de la section doivent s'inscrire entre deux plans parallèles dont l'espacement est de  $0,05 d_1$ .

#### 4.4 Traitement thermique

Chaque crochet forgé doit, soit être trempé à une température supérieure au point AC<sub>3</sub> puis revenu, soit être soumis à un recuit de normalisation à une température supérieure au point AC<sub>3</sub>. La température de revenu doit être d'au moins 475 °C.

Les conditions de recuit de normalisation ou de revenu doivent être au moins aussi efficaces qu'à une température de 475 °C maintenue pendant 1 h.

#### 4.5 Charge d'épreuve

Comme partie intégrante du procédé de fabrication, un crochet peut être soumis à une charge d'épreuve. Il convient que cette charge d'épreuve initiale soit réalisée à température ambiante et elle peut tout à la fois compléter la gestion de l'Assurance Qualité et améliorer la résistance à la fatigue du crochet en général. Si la charge d'épreuve est appliquée, elle doit l'être selon la procédure suivante :

- a) La charge d'épreuve doit être appliquée après le processus complet de fabrication (forgeage, traitement thermique et usinage) ;
- b) La force d'épreuve doit être appliquée entre l'écrou de suspension de la tige et:
  - i) Soit la base du siège du crochet, pour une ligne de traction directe, parallèle à l'axe vertical de la tige, dans le cas d'un crochet simple.
  - ii) Soit deux points de contact opposés sur la surface du crochet permettant une répartition des élingues symétriques à 90 degrés, avec les lignes de chargement traversant le(s) centre(s) des crochets, dans le cas de crochets doubles.
- c) Une déformation permanente relative due à la charge d'épreuve mesurée au niveau de l'ouverture du bec ne doit pas dépasser 0,25 % ; Pour les crochets produits en petite série, la charge d'épreuve doit être appliquée pour tous les crochets du lot ;
- d) Il convient que l'amplitude de la charge d'épreuve (F<sub>PL</sub>) reflète une contrainte de traction théorique maximale de 1,5 f<sub>y</sub> dans les fibres de la section B pour un crochet simple et de la section A pour des crochets doubles pour le matériel choisi. La valeur de cette charge d'épreuve doit être déterminée comme suit soit pour la section A (crochets doubles), soit pour la section B (crochet simple), selon le cas :

$$\text{Crochet simple} \quad F_{PL,sp} = \frac{1,5 \cdot f_y \cdot M_{hf}}{1000}$$

$$\text{Crochet double} \quad F_{PL,sp} = \frac{1,5 \cdot f_y \cdot M_{hf}}{1000 \cdot \nu}$$

où F<sub>PL</sub> est exprimé en kilonewtons (kN), f<sub>y</sub> est la limite d'élasticité pour le matériel choisi et M<sub>hf</sub> est un acteur du crochet, c'est à dire pour les intrados du crochet de la section A ou B, selon le cas, les données d'échantillon sont illustrées dans l'Annexe C pour les crochets individuels de chaque famille.

$$\nu = 0,5 \times \tan \alpha$$

pour la section A des crochets doubles, α = 45° (voir 5.5.3)

M<sub>hf</sub> est calculé à partir de la formule

$$I = \frac{(1-\eta_1/R)}{(R-\eta_1)}$$

Toutes les définitions sont les mêmes que pour l'Annexe H.

- e) Après la charge d'épreuve, le crochet doit faire l'objet d'une inspection vis à vis des défauts en appliquant des méthodes d'essais non destructifs appropriées. Il doit être exempt d'anomalie nuisible, de défaut et de fissure ;
- f) Le crochet ayant été soumis à la charge d'épreuve doit être marqué du symbole "PL" adjacent au marquage du type de crochet ;
- g) L'application de la charge d'épreuve affecte (de manière positive) la résistance du crochet à la fatigue. La méthode de calcul d'un exemple en Annexe F peut être utilisée pour quantifier cet effet.

Il convient de sélectionner avec une attention particulière les aciers et en particulier les aciers à haute résistance pour les crochets soumis à la charge d'épreuve, en fonction de la ductilité requise.

NOTE 1 Les gains additionnels dans la gestion de l'Assurance Qualité, dus à l'application de la charge d'épreuve, ne sont pas abordés dans la présente norme.

NOTE 2 Les fibres soumises aux contraintes de traction maximales sous  $F_{PL}$  vont plastifier et une redistribution des contraintes se produira, résultant en une contrainte de compression permanente dans cette zone de traction lorsque la charge d'épreuve sera retirée.

#### 4.6 Géométrie du corps du crochet

Les proportions des sections du crochet doivent être telles que les contraintes ne dépassent pas les contraintes dans les sections critiques spécifiées en 5.5.1.

Le siège d'un crochet doit être de forme circulaire. Pour un crochet simple, le centre de courbure doit coïncider avec l'axe de la tige usinée. Pour un crochet double, le cercle du siège doit être tangent au bord extérieur de la tige forgée.

Un crochet double doit être symétrique par rapport à l'axe de la tige.