

FD CEN/TR 10347

FÉVRIER 2008

www.afnor.org



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Normes en ligne. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR Webshop (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

Normes en ligne

Pour : METALHOM

Client : 70040077

Commande : N20140820-141665-T

le : 20/08/2014 à 15:21

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

normalisation française

FD CEN/TR 10347
Février 2008

Indice de classement : **A 35-506**

ICS : 77.140.10

Guide pour le formage des aciers de construction lors de leur mise en œuvre

E : Guidance for forming of structural steels in processing
D : Hinweise für das Umformen von Baustählen bei der Verarbeitung

Fascicule de documentation

publié par AFNOR en février 2008.

Correspondance

Le présent document reproduit intégralement le Rapport Technique CEN/TR 10347:2006.

Analyse

Le présent document est un guide sur le formage durant la mise en œuvre des produits en aciers de construction conformes aux normes EN 10025-2 à -6 et à EN 10149-2 et -3. Le présent Rapport Technique traite des procédés de formage à chaud et à froid de même que du formage à chaud localisé au moyen d'opérations de chaudes de retrait.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acier de construction, formage, produit en acier, formage à froid, formage à chaud, température, traitement thermique, échauffement, nuance.

Modifications

Corrections



Aciers de construction laminés à chaud — Prescriptions de qualité

BN ACIER 10-00

Membres de la commission de normalisation

Président : M MENIGAULT

Secrétariat : BN ACIER

M	BARRERE	PUM Groupe ARCELOR
M	CHANTREL	SYNDICAT DU TREFILEAGE DE L'ACIER
M	CHIVOT	AFNOR
M	CONFENTE	MITTAL STEEL GANDRANG
M	CORNELLA	SCHNEIDER ELECTRIC
M	COURREGELONGUE	BUREAU VERITAS
M	CRETON	BNACIER
M	DONNAY	ARCELOR PROFIL Luxembourg S.A.
M	FALLOUEY	Groupe VALLOUREC
M	FUCHS	CETE DE L'EST
MME	FULTON	SNPPA
M	GARRIGUES	GTS INDUSTRIES — Tôlerie
M	GOURMELON	LCPC
M	GROBER	ARCELOR PROFIL Luxembourg S.A.
MME	KOPLIEWICZ	UNM
M	MAGOARIEC	ARCELOR ATLANTIQUE ET LORRAINE
M	MEGOZ	CTDEC
M	MENIGAULT	BNACIER
M	MIOT	ARCELOR AUTO
M	NEEL	GALVAZINC ASSOCIATION
MME	NOEL	AFNOR
M	OSINSKI	BUREAU DE NORMALISATION DU PETROLE
M	PARENT	ARCELOR FCS Commercial
M	PESCATORE	BNCM-CTICM
M	PHILIPPE	LME
M	PHILIPPOT	LCPC
M	RAOUL —	SETRA
M	ROIGNANT	DCN INGENIERIE CONSTRUCTIONS NEUVES
MME	SAILLET	AFNOR
M	STCHERBATCHEFF	RENAULT GUYANCOURT
M	TESSIER	LCPC
M	THIERREE	AUBERT & DUVAL ALLIAGES
M	VAISSIERE	RENAULT GUYANCOURT

RAPPORT TECHNIQUE TECHNISCHER BERICHT TECHNICAL REPORT

CEN/TR 10347

Avril 2006

ICS : 77.140.10

Version française

Guide pour le formage des aciers de construction lors de leur mise en œuvre

Hinweise für das Umformen von Baustählen
bei der Verarbeitung

Guidance for forming of structural steels
in processing

Le présent Rapport Technique a été adopté par le CEN le 13 mars 2006. Il a été établi par le Comité Technique ECISS/TC 10.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

CEN/TR 10347:2006 (F)

Sommaire

	Page
Avant-propos	3
1 Domaine d'application	4
2 Termes et définitions	4
3 Principes généraux	4
4 Formage à chaud	5
5 Formage à froid	7
6 Chaudes de retrait	8
Bibliographie	10

Avant-propos

Le présent document (CEN/TR 10347:2006) a été élaboré par le Comité Technique ECISS/TC 10 «Aciers de construction — Prescription de qualité», dont le secrétariat est tenu par NEN.

Lors de la réunion ECISS/TC 10 des 8 & 9 décembre 1998, il a été décidé par la résolution ECISS/TC 10 no 2/1998 de publier CECA IC 2 en tant que Rapport Technique CEN. La partie de CECA IC 2 traitant du soudage a été révisée par le CEN/TC 121 et a abouti au document EN 1011-2. Le présent Rapport Technique CEN traite de la partie sur le formage.

CEN/TR 10347:2006 (F)

1 Domaine d'application

Le présent Rapport Technique CEN est un guide sur le formage durant la mise en œuvre des produits en aciers de construction conformes aux normes EN 10025-2 à -6 et à EN 10149-2 et -3. Le présent Rapport Technique traite des procédés de formage à chaud et à froid de même que du formage à chaud localisé au moyen d'opérations de chaudes de retrait.

Le présent Rapport Technique ne couvre pas les dispositions spéciales nécessaires à la fabrication d'éléments de structure soumis principalement à des contraintes alternées ou en contact avec des milieux agressifs.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent Rapport Technique, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

formage à chaud

formage à des températures situées dans le domaine austénitique, environ 900 °C en général, en fonction de la composition chimique de l'acier

2.2

formage à froid

formage jusqu'à la température maximale admissible pour la relaxation des contraintes, généralement entre 530 °C et 580 °C

NOTE Voir la partie correspondante de l'EN 10025 (par exemple 7.3.1.1 de EN 10025-1:2004 et 7.4.1.1 de l'EN 10149-1:1995).

2.3

chaude de retrait (dressage à la flamme)

échauffement rapide et localisé d'un élément avec un temps de maintien court (généralement moins d'une minute) à la température spécifiée de chaude de retrait

2.4

température de chaude de retrait

température maximale d'un composant durant l'opération de chaude de retrait

3 Principes généraux

Avec l'utilisation d'aciers de construction à limite d'élasticité maximale croissante et avec des épaisseurs plus fortes de produits en acier, il est nécessaire de prendre des précautions supplémentaires durant la mise en œuvre ultérieure des produits en acier. En outre, les conditions techniques de livraison des produits en acier conformément à l'EN 10025 et à EN 10149 vont dépendre du processus réel de fabrication utilisé par le fournisseur de produits en acier.

En général, il convient de choisir des nuances d'acier adaptées à l'opération de formage envisagée. Des nuances spécifiques pour formage à froid sont définies dans l'EN 10025 de même que des options supplémentaires pour s'assurer des propriétés de formage qu'il convient d'utiliser de préférence. Pour les cas non couverts par ces options à la commande, le producteur d'acier doit être consulté. Toutes les nuances de l'EN 10149 sont aptes au formage à froid.

Pour les cas particuliers, non traités dans le présent guide, surtout lors de l'utilisation d'aciers de construction pour la première fois, l'aptitude au formage doit être fondée sur l'expérience antérieure. Elle peut être fondée sur des essais avant production entrepris par le fabricant ou sur des essais consignés dans un document, réalisés par le producteur de produits en acier.

Si un producteur veut s'assurer que les procédés de formage à chaud et à froid ou de chaude de retrait qui doivent être appliqués ne vont pas détériorer les propriétés mécaniques de la structure, il convient d'effectuer une vérification du process.

NOTE Les températures dont il est question dans le présent Rapport Technique sont mesurées à la surface du produit en acier et non n'importe où dans le four. Il faut tenir compte du fait que les températures ne sont pas uniformes dans le produit.

4 Formage à chaud

4.1 Généralités

4.1.1 Les produits suivants peuvent généralement être assujettis au formage à chaud :

- les aciers de construction non alliés livrés bruts de laminage pour traitement de normalisation par l'acheteur (voir 7.3.1.3 de l'EN 10025-2:2004) ou livrés à l'état normalisé conformément à l'EN 10025-2 ;
- les aciers de construction à grain fin normalisés conformément à l'EN 10025-3 et l'EN 10149-3 ;
- les aciers de construction possédant une résistance améliorée à la corrosion atmosphérique livrés bruts de laminage pour traitement de normalisation (voir 7.3.1.3 de l'EN 10025-5:2004) ou livrés à l'état normalisé conformément à l'EN 10025-5.

Il n'est pas envisagé de recourir à un traitement supplémentaire de formage à chaud pour les nuances d'acier obtenues par laminage thermo-mécanique conformément à l'EN 10025-2, l'EN 10025-4 et l'EN 10149-2 ou les aciers trempés revenus conformément à l'EN 10025-6. Les propriétés de résistance des nuances obtenues par laminage thermo-mécanique du fait que leurs conditions ne peuvent être réalisées ni reproduites par un traitement thermique seulement, sont détériorées par formage à chaud lors de la mise en œuvre ultérieure. Pour les aciers trempés revenus, le traitement thermique à appliquer après le formage à chaud est très difficile à reproduire.

4.1.2 Lorsqu'on effectue des opérations spéciales de formage à chaud, telles que bordage de trou ou pliage par induction, il convient de demander conseil au fournisseur de produits en acier. Il convient de s'assurer que l'acier et le procédé soient compatibles lors de la vérification du process de pliage par induction.

4.1.3 Dans le cas d'un chauffage localisé jusqu'à la température de formage à chaud autre qu'une chauffe de retrait, il convient de faire attention au fait que, à part la région échauffée de manière régulière jusqu'à la température de normalisation, il se forme des zones dont la température est située entre la température minimale de normalisation et la température maximale de relaxation des contraintes. Dans ces zones, les propriétés du matériau peuvent être détériorées, en fonction de la technique d'échauffement utilisée, de la température et de la durée du traitement. La zone chauffée jusque dans le régime biphasé ferrite-austénite est réputée pour être particulièrement critique pour la résistance et la ténacité à la fois.

4.2 Température durant le formage à chaud

Pour réaliser l'opération de formage à chaud, il convient de chauffer la pièce à traiter au-dessus de 900 °C mais pas plus que 1 050 °C, et même de préférence pas plus de 1 020 °C. Après avoir atteint la température prédéfinie dans la pièce, un maintien à cette température pour assurer une température uniforme dans la pièce est seulement nécessaire si c'est stipulé dans la norme de produit concerné.

NOTE 1 La température de 900 °C correspond aux températures minimales de normalisation.

NOTE 2 Pour les aciers trempés revenus, voir 4.1.1.

Les vitesses de chauffe doivent être aussi élevées que possible et les temps de maintien aussi courts que possible. Pour cette raison, les pièces à traiter ne doivent pas être chauffées empilées les unes sur les autres.

Durant le formage à chaud, il est recommandé que la température ne chute pas en dessous de la limite inférieure des températures admissibles telles qu'indiquées au Tableau 1. En particulier, lorsque l'épaisseur du produit est faible (moins de 15 mm), il convient de tenir compte du flux de chaleur de la pièce vers les outils de formage pendant l'opération de formage à chaud.

Après l'opération de formage à chaud, il convient généralement de refroidir la pièce à l'air pour garantir un minimum de déformations dues aux contraintes internes. Il est recommandé de maintenir la vitesse de refroidissement aussi près que possible de celle appliquée au produit original.

En général, la vitesse de refroidissement après le formage à chaud dépend de la forme et de l'épaisseur de la pièce. En particulier, la vitesse de refroidissement des produits de faible épaisseur est bien plus élevée quand la pièce est refroidie au contact des outils de formage qu'au contact avec l'air libre. Pour cette raison, un refroidissement ou revenu différé peut s'avérer nécessaire dans les cas précis des aciers normalisés de faible épaisseur (moins de 15 mm) et possédant une limite d'élasticité minimale supérieure ou égale à 420 MPa. Il convient d'obtenir des détails de la part du producteur de produits en acier.

CEN/TR 10347:2006 (F)

Il est recommandé de relever la température lors de toutes les opérations de formage à chaud pour s'assurer que la température permise n'est pas dépassée (voir 4.3.2) pendant l'opération de formage. C'est d'une importance particulière lorsque le traitement thermique de la pièce n'est pas prévu d'être répété après le formage.

4.3 Traitement thermique après formage à chaud

4.3.1 L'échauffement à une température supérieure d'environ 50 K à la température de transformation A_{c3} à laquelle l'austénitisation est achevée, particulièrement associée à un temps de maintien long, conduit au grossissement du grain et par ce fait même détériore les propriétés de ténacité et la limite d'élasticité. Pour cette raison, après le formage à chaud, il convient d'effectuer un traitement thermique sur la pièce finie, généralement conformément aux conseils du producteur de produits en acier ou conformément à la norme appropriée de produit en acier.

Il est essentiel que l'acier normalisé soit de nouveau normalisé. C'est particulièrement important lorsque le procédé de fabrication exige que la pièce soit normalisée après formage à chaud. Dans ces circonstances, un produit en acier normalisé pourrait être commandé dans la condition de livraison «brut de laminage». Il est recommandé de consulter le producteur de produits en acier pour avis.

4.3.2 Pour les nuances d'acier normalisées, la normalisation après le formage à chaud peut être omise dans les cas suivants :

- a) après formage à chaud en une seule passe, la normalisation de la pièce finie peut être omise si le process s'est déroulé dans les limites données au Tableau 1 ;

Tableau 1 — Critères pour omettre la répétition du traitement thermique après formage à chaud en une seule passe

Température d'essai pour vérification de l'énergie absorbée par choc au moyen de l'essai Charpy °C	Nuance d'acier	Température maximale avant formage à chaud °C	Température la plus basse à la fin du formage à chaud en fonction de degré de formage à chaud ^{a)}	
			> 5 % °C	≤ 5 % °C
≥ – 20	S235-S355	980	750	700
	S420-S460	940		
< – 20	S235-S355	940		
	S420-S460	925		

a) Le degré de formage à chaud est associé à la résistance locale la plus élevée.

- b) après formage à chaud en plusieurs passes, le renouvellement du traitement thermique peut être omis pourvu que la pièce ait été refroidie avant la dernière passe à une température inférieure à 500 °C pour les nuances S235 à S355 ou inférieure à 300 °C pour les nuances S420 à S460 et que, dans la dernière passe, le process se soit bien déroulé dans les limites données au Tableau 1.

4.3.3 Lors du choix du produit en acier, il convient pour l'acheteur de s'assurer que le traitement thermique exigé puisse être appliqué à la pièce finie en tenant compte de l'influence de la forme et de l'épaisseur de la pièce sur le flux de chaleur.

4.4 Indications pratiques sur le formage à chaud

Il est recommandé de prendre en compte les effets éventuels du process de fabrication sur les propriétés mécaniques des pièces, surtout lorsque cela implique des exigences spéciales sur la ténacité.

CEN/TR 10347:2006 (F)

Si, après le formage à chaud, il faut effectuer le traitement thermique sur la pièce, il convient de planifier la vitesse de refroidissement de la pièce depuis la température de normalisation de telle façon qu'elle soit semblable à celle appliquée au produit normalisé original.

Pour le refroidissement à l'air, il est recommandé de sortir une pièce du four après le chauffage pour normalisation et la refroidir à l'air libre. Une circulation forcée d'air peut être avantageuse pour éviter l'accumulation de chaleur résultant du flux local de chaleur de l'empilement.

5 Formage à froid

5.1 Généralités

D'une manière générale les nuances d'acier conformes à l'EN 10025 parties 2 à 6 peuvent être soumises au formage à froid. Toutes les nuances d'acier de l'EN 10149 partie 2 et 3 peuvent être soumises au formage à froid. Si un formage à froid au-dessus de la température ambiante est prévu, il convient de vérifier si le matériau est adapté pour les températures envisagées. Il est recommandé d'éviter le formage dans la gamme 200 °C à 380 °C. Il convient d'utiliser de préférence les nuances d'acier adaptées au formage à froid. La norme EN 10025 définit des nuances d'acier spécifiques et/ou des options à la commande pour lesquelles des rayons recommandés de pliage sont donnés dans la norme.

Il convient de ne pas utiliser des aciers bruts de laminage, des aciers obtenus par laminage thermo-mécanique et des aciers trempés revenus pour des applications de formage à froid pour lesquelles un traitement thermique au-dessus de la température de relaxation des contraintes est exigé après formage.

5.2 Modification des propriétés du matériau due au formage à froid

Le formage à froid modifie les propriétés intrinsèques de l'acier et détériore la ductilité de même que la ténacité et accroît la résistance. Ces changements peuvent aussi limiter l'aptitude au soudage dans les zones déformées à froid. L'étendue du changement des propriétés par le formage à froid dépend du type d'acier, de la température de formage et du degré de déformation.

5.3 Traitement thermique après formage à froid

Si, après un formage à froid intensif, un traitement thermique est nécessaire pour enlever l'écrouissage ou améliorer les propriétés de ténacité détériorées par le formage à froid, un traitement thermique à la température de relaxation des contraintes peut être suffisant pourvu que les conditions techniques de livraison dans les normes en question n'imposent pas explicitement de renouveler le traitement de normalisation après formage à froid. Si l'amélioration est insuffisante, un nouveau traitement de normalisation pourrait être nécessaire pour restaurer les propriétés initiales.

5.4 Indications pratiques sur le formage à froid

Lorsqu'on effectue un formage à froid, il faut reconnaître que la limite d'élasticité des aciers augmente avec le degré de déformation jusqu'au point où la force exigée pour former à froid et le retour élastique sont accrus.

Il est recommandé de prendre en compte les effets du procédé de fabrication prévu sur les propriétés mécaniques des pièces, surtout lorsque cela implique des exigences spéciales de ténacité.

Les aciers de limite d'élasticité élevée exigent généralement un plus grand rayon de formage à froid par rapport à l'épaisseur du matériau.

Les rives cisailées et découpées par procédé thermique peuvent présenter une ductilité réduite. Afin d'empêcher un amorçage de rupture, il convient de meuler les rives dans la zone qui va être formée à froid. Pour la même raison, pour les stries de coupe et les autres défauts présents sur les bords de découpe au chalumeau, il est recommandé de les enlever ou de les adoucir par meulage local pour éviter des déformations localisées.

NOTE L'EN 1993-1-10 présente des moyens pour relier le degré de déformation dû au formage à froid avec des exigences spécifiées de ténacité.

CEN/TR 10347:2006 (F)

6 Chaudes de retrait

6.1 Généralités

6.1.1 La chaudi de retrait a pour objectif de donner à l'élément de structure la forme voulue ou pour éliminer les déviations par rapport à cette forme voulue. Le chauffage peut être seulement superficiel ou plus pénétrant en profondeur en fonction de l'effet voulu du redressage.

Lorsque la chaudi de retrait est pratiquée, des figures sont exécutées. De telles figures sont des chaudes ponctuelles, linéaires ou triangulaires ou toute autre combinaison de ces figures comme, par exemple, des chaudes sur 2 à 5 lignes parallèles qu'on peut appeler mailles. Les figures de chaudes de retrait sont appliquées pour enlever ou produire des courbures, pour enlever des bosses ou des ondulations, pour adoucir la distorsion produite par les soudures, pour adapter les préparations de joints soudés et pour exécuter d'autres types de formage.

6.1.2 D'une manière générale, toutes les nuances définies dans l'EN 10025-2 à -6 et l'EN 10149-2 et -3 peuvent être assujetties aux chaudes de retrait mais il est recommandé que la température de chaudi de retrait n'excède pas des valeurs maximales prédéfinies (voir Tableau 2).

6.1.3 L'effet de redressage peut être augmenté par un bridage approprié, par exemple au moyen d'amarrages.

6.2 Effet des chaudes de retrait sur les propriétés du matériau

6.2.1 Lorsqu'une chaudi de retrait est pratiquée, il est recommandé que le chauffage soit rapide et localisé. La dilatation de la zone chauffée est retenue pour les zones froides adjacentes. Le confinement dû à ces zones froides, éventuellement renforcé par un bridage externe approprié conduit à une compression plastique de la zone chauffée dès que la limite d'élasticité (qui diminue aux températures plus élevées) est dépassée. Des contraintes de compression apparaissent et produisent une modification de la forme, généralement un accroissement de l'épaisseur.

6.2.2 En fonction de la quantité de chaleur apportée pour effectuer la chaudi de retrait, il y a deux cas typiques. Dans le premier cas, seulement une zone superficielle de l'élément est chauffée. L'apport de chaleur est faible en tenant compte de l'épaisseur du produit. La vitesse de refroidissement de la zone chauffée est élevée. Dans un deuxième cas, toute la section de l'élément à l'endroit concerné est brièvement chauffée. L'apport de chaleur par rapport à l'épaisseur du produit est important à l'endroit qui doit être traité. La vitesse de refroidissement de la zone chauffée est plus faible que celle résultant du premier cas.

6.2.3 L'effet de la chaudi de retrait sur les propriétés du matériau dépend de la température de la chaudi de retrait et de la vitesse de refroidissement comme c'est expliqué dans les paragraphes suivants.

6.2.3.1 Pour les températures de chaudi de retrait inférieures ou égales à 700 °C, la transformation austénitique ne se produit pas. Cependant, entre 650 °C et 700 °C environ, et en augmentant le temps de maintien, la sphéroïdisation de la perlite se produit ayant pour effet que les propriétés de résistance et de ténacité diminuent. Ainsi, les propriétés du matériau ne devraient pas se détériorer de façon significative si la température de chaudi de retrait est maintenue en dessous de 700 °C et si le temps de maintien à cette température est court même si le chauffage est pénétrant. En général, cela s'applique pour des épaisseurs de produit inférieures à 20 mm environ.

Plus l'épaisseur du produit est importante, plus long est le temps durant lequel la température de la zone chauffée est comprise entre 650 °C et 700 °C. Il convient donc de limiter la température de chaudi de retrait à une valeur maximale de 650 °C quand le temps de maintien est prolongé, tel qu'indiqué au Tableau 2.

A cause des procédés de fabrication différents utilisés par les nombreux producteurs de produits en acier, une réduction de la température de chaudi de retrait jusqu'à une valeur maximale de 650 °C pourrait être conseillée pour les tôles à haute résistance obtenues par laminage thermo-mécanique possédant une limite d'élasticité minimale (R_{eh-min}) > 460 MPa. En pareil cas, il est très recommandé de consulter le producteur de produits en acier pour avis.

En plus de l'effet de la température élevée sur la microstructure, des processus de précipitation métallurgique jouent un rôle supplémentaire dans le cas des aciers trempés à l'eau et revenu. Pour cette raison, il convient que la température de chaudi de retrait soit strictement maintenue à au moins 20 K plus bas que la température de revenu.

CEN/TR 10347:2006 (F)

6.2.3.2 Pour les températures de chauffe de retrait supérieure à 700 °C, il convient de supposer qu'une austénitisation se produit au moins partiellement. Là où les constituants de la microstructure plus riches en carbone et en autres éléments d'alliage se transforment en austénite, la diffusion de carbone supplémentaire se produit depuis les régions encore ferritiques vers celles qui sont déjà austénitiques. Lors du refroidissement rapide qui suit, les régions austénitiques se transforment en martensite, qui pourrait être aussi plus riche en carbone. Ce processus peut conduire à une dureté plus élevée et à une plus faible ténacité.

Lorsque la vitesse de refroidissement est comparativement moins élevée, une microstructure mixte se forme avec le risque que la limite d'élasticité diminue localement et chute en se rapprochant de la valeur minimum spécifiée. Au même moment, l'enrichissement local en carbone peut aboutir à la dégradation des propriétés de ténacité. La variation de la ténacité est cependant moins marquée que dans le cas du refroidissement rapide à partir de températures où l'austénite est formée.

La dégradation probable des propriétés de ténacité par les chaufdes de retrait croît avec l'augmentation de la teneur en carbone de l'acier.

Le chauffage de toute la section d'un élément à des températures supérieures à 700 °C va conduire à une dégradation des propriétés de résistance et de ténacité. Il convient d'éviter des températures supérieures à 950 °C pour les chaufdes de retrait même si le chauffage de l'élément est seulement superficiel.

6.3 Valeurs maximales de la température de chauffe de retrait

Le Tableau 2 donne les valeurs maximales recommandées de la température de chauffe de retrait en fonction du type d'acier et de la technique de chauffe de retrait employée.

Tableau 2 — Valeurs maximales recommandées de la température de chauffe de retrait

Conditions de livraison	Valeurs maximales recommandées de la température de chauffe de retrait		
	Chauffage bref superficiel °C	Chauffage bref de toute la section °C	Chauffage de toute la section avec un temps de maintien plus long °C
Normalisé	≤ 900	≤ 700	≤ 650
Laminage thermo-mécanique jusqu'à S460	≤ 900	≤ 700	≤ 650
Laminage thermo-mécanique de S500 à S700	≤ 900	≤ 600	≤ 550
Trempé revenu	≤ température de revenu appliquée au produit d'origine – 20 K (généralement en dessous de 550 °C)		

CEN/TR 10347:2006 (F)

Bibliographie

EN 1993-1-10, Eurocode 3 : *Calcul des structures en acier — Partie 1-10 : Choix des qualités d'acier.*

EN 10025-1, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 1 : Conditions techniques générales de livraison.*

EN 10025-2, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 2 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés.*

EN 10025-3, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins à l'état normalisé/laminage normalisant.*

EN 10025-4, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 4 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins obtenus par laminage thermomécanique.*

EN 10025-5, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 5 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique.*

EN 10025-6, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 6 : Conditions techniques de livraison pour produits plats en aciers à haute limite d'élasticité à l'état trempé et revenu.*

EN 10149-1, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 1 : Conditions générales de livraison.*

EN 10149-2, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 2 : Conditions de livraison des aciers obtenus par laminage thermomécaniques.*

EN 10149-3, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 3 : Conditions de livraison des aciers à l'état normalisé ou laminage normalisant.*