RAPPORT TECHNIQUE

ISO/TR 12998

Première édition
2019-04

Assemblage mécanique — Lignes directrices pour les essais de fatigue des assemblages

Mechanical joining — Guidelines for fatigue testing of joints

Numéro de référence
ISO/TR 12998:2019(F)

© ISO 2019



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **v**
Introduction ..... **vi**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **1**
3 Termes et définitions **1**
4 Symboles et abréviations **5**
5 Éprouvettes **7**
5.1 Généralités 7
5.2 Matériaux des éprouvettes 8
5.3 Types d'éprouvettes 8
5.4 Choix des éprouvettes appropriées 8
5.5 Fabrication des éprouvettes 11
5.5.1 Coupons pour la fabrication des éprouvettes 11
5.5.2 Pliage et formage 11
5.5.3 Assemblage 11
5.5.4 Tolérances 12
5.5.5 Stockage 12
5.5.6 Inspection 12
5.6 Géométrie de l'éprouvette 12
5.6.1 Généralités 12
5.6.2 Géométrie des éprouvettes pour l'effort de traction-cisaillement et d'arrachement 13
5.6.3 Géométrie des éprouvettes en oméga et autres profilés fermés 19
5.6.4 Éprouvette en double disque et KS-2 23
6 Mors et alignement des éprouvettes **25**
6.1 Généralités 25
6.2 Vérification et réglage des mors et de l'alignement des éprouvettes 25
6.2.1 Alignement 25
6.2.2 Vérification du serrage 25
6.3 Conception du dispositif de fixation 26
6.3.1 Généralités 26
6.3.2 Exemple de conception appropriée du dispositif de serrage 27
7 Mode opératoire d'essai **28**
7.1 Généralités 28
7.2 Machine d'essai 28
7.3 Montage des dispositifs de serrage/mors 28
7.4 Mode opératoire de serrage 28
7.5 Essai de fatigue 29
7.5.1 Généralités 29
7.5.2 Définition des conditions d'effort pour l'essai de fatigue 30
7.5.3 Fréquence d'essai 32
7.6 Fin de l'essai 32
7.6.1 Généralités 32
7.6.2 Critère de rupture et nombre de cycles à la rupture 33
7.6.3 Rigidité 34
7.6.4 Acquisition des données 35
7.7 Contre-essais 35
8 Rapport d'essai **35**
8.1 Informations de base 35
8.1.1 Généralités 35
8.1.2 État du matériau avant la préparation des éprouvettes pour l'essai de fatigue 35

© ISO 2019 – Tous droits réservés

8.1.3 Propriétés mécaniques 35
8.1.4 Conception et préparation des éprouvettes 35
8.1.5 Mode opératoire d'essai 36
8.1.6 Machine d'essai de fatigue 36
8.1.7 Conditions ambiantes pendant l'essai de fatigue 36
8.1.8 Résultats de l'examen après essai 36
8.2 Présentation des résultats d'essai de fatigue 36
8.2.1 Présentation sous forme de tableau 36
8.2.2 Représentation graphique 37
8.2.3 Évaluation numérique, statistiques 37

Annexe A (informative) **Éprouvette d'étalonnage destinée à vérifier la répartition des efforts sur les éprouvettes de type H** **38**

Annexe B (informative) **Mors hydrauliques destinés à l'essai de fatigue des éprouvettes de type H** **39**

Annexe C (informative) **Mors destinés à l'essai de fatigue des éprouvettes de type H** **40**

Annexe D (informative) **Organigramme — Acquisition des données** **41**

Bibliographie **44**

 © ISO 2019 – Tous droits réservés

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. 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 concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 6, *Soudage par résistance et assemblage mécanique allié*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html. Les interprétations officielles, lorsqu'elles existent, sont disponibles à cette adresse: https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html.

© ISO 2019 – Tous droits réservés

Introduction

Le présent document donne des recommandations pour l'essai de fatigue d'éprouvettes dont les dimensions sont renseignées, à assemblage simple et double pour les assemblages mécaniques rivetés, clinchés et vissés. Les types d'éprouvettes en forme de H, en oméga, en double disque et KS-2 sont spécifiés. Le présent document est basé sur l'ISO 18592, norme relative aux essais de fatigue des soudures par points de résistance.

Les essais de fatigue spécifiés dans le présent document sont menés à température ambiante, à des amplitudes d'effort constantes et des rapports de charge spécifiés. Pour la plupart des éprouvettes, les efforts primaires subis par les assemblages sont des efforts de cisaillement et d'arrachement. Certaines éprouvettes peuvent être soumises à des efforts de torsion ou de flexion; les assemblages eux-mêmes subissent des efforts de cisaillement et d'arrachement non uniformes.

© ISO 2019 – Tous droits réservés

Assemblage mécanique — Lignes directrices pour les essais de fatigue des assemblages

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des recommandations relatives aux éprouvettes et aux modes opératoires d'essai applicables aux essais de fatigue à amplitude d'effort constante, ces essais étant effectués sur des éprouvettes de tôle à assemblage simple et à assemblages multiples, dans la gamme d'épaisseur comprise entre 0,5 mm et 6 mm, exposées à une température ambiante et à une humidité relative maximale de 80 %.

NOTE La gamme d'épaisseurs pour les aciers à haute résistance mécanique (AHSS) et les aciers à très haute résistance (UHSS) est généralement inférieure à 3,0 mm. Des épaisseurs plus grandes s'appliquent aux alliages d'aluminium.

Le présent document couvre ce qui suit:

— l'essai des assemblages pour évaluer les matériaux;

— l'évaluation de l'influence du type d'assemblage et des dimensions de l'assemblage sur les résultats d'essai;

— l'évaluation de l'influence du type d'effort et du mode d'effort sur les résultats d'essai;

— l'essai d'éprouvettes semblables aux composants pour évaluer leur performance structurelle.

Selon l'éprouvette utilisée, il est possible d'évaluer, à partir des résultats, le comportement en fatigue des assemblages lors d'efforts de cisaillement, d'arrachement, de tension normale et de combinaisons de ces efforts et de ceux de l'éprouvette soumise à l'essai.

Les résultats des essais de fatigue obtenus avec les éprouvettes semblables aux composants conviennent pour déduire des critères de sélection des matériaux et des combinaisons d'épaisseur pour les structures et les composants soumis à des efforts cycliques. Cette indication est particulièrement pertinente pour les résultats obtenus avec des éprouvettes dans des conditions aux limites, c'est-à-dire dont la rigidité locale est similaire à celle de la structure concernée. Les résultats d'un essai de fatigue conviennent à une application directe à la conception uniquement lorsque les conditions d'effort en service et la rigidité de la conception dans la zone d'assemblage sont similaires.

Le présent document ne s'applique pas aux applications d'ingénierie civile telles que les bâtiments métalliques et la construction en acier, qui sont traitées par d'autres normes applicables.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.1
effort
effort répété
F
force appliquée variant de manière simple et périodique entre des valeurs maximale et minimale constantes

Note 1 à l'article: Adapté de l'ISO 14324:2003, 3.12.

3.2
effort maximal
F_{max}
valeur algébrique la plus élevée de l'*effort répété* (3.1)

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.9]

3.3
effort minimal
F_{min}
valeur algébrique la plus basse de l'*effort répété* (3.1)

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.11]

3.4
étendue d'effort
ΔF
différence entre l'effort maximal et l'effort *minimal* (3.3)

$$\Delta F = F_{max} - F_{min}$$

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.8]

3.5
amplitude d'effort
F_a
demi-*étendue d'effort* (3.4)

$$F_a = 0{,}5\ \Delta F$$

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.6]

3.6
effort moyen
F_m
moyenne de l'effort maximal et de l'effort *minimal* (3.3)

$$F_m = 0{,}5\ (F_{max} + F_{min})$$

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.10]

3.7
rapport de charge
R
effort minimal (3.3) divisé par l'*effort maximal* (3.2)

$$R = \frac{F_{min}}{F_{max}}$$

[SOURCE: ISO 14324:2003, 3.7]

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.8
type d'effort
effort de cisaillement primaire ou d'arrachement primaire

3.9
mode d'effort
effort d'amplitude constante ou d'amplitude variable

3.10
durée de vie en fatigue
N_f
nombre de cycles d'effort auquel une rupture se produit, ou avant qu'un critère de rupture défini pour l'essai soit rempli

3.11
endurance en fatigue
N_e
nombre de cycles auquel il a été convenu d'arrêter l'essai même en l'absence de rupture

3.12
diagramme *F-N*
diagramme obtenu en traçant l'*amplitude d'effort* (3.5) [ou l'*étendue d'effort* (3.4) ou l'*effort maximal* (3.2)] en ordonnée, et le nombre de cycles d'effort [ou d'*endurance en fatigue* (3.11) si l'essai est terminé avant la rupture] en abscisse

Note 1 à l'article: Le diagramme *F-N* est également appelé diagramme de Wöhler *F-N* ou diagramme d'amplitude d'effort/nombre de cycles d'effort.

Note 2 à l'article: Dans la pratique, des échelles logarithmiques sont utilisées sur les deux axes.

Note 3 à l'article: Ce type de diagramme est généralement utilisé pour soumettre à l'essai des éprouvettes à assemblage mécanique ou soudées, car la comparaison porte sur la performance de l'assemblage ou du soudage, mais non sur la performance des assemblages ou des soudures sur la base de leurs sections transversales respectives.

3.13
diagramme *S-N*
diagramme obtenu en traçant l'amplitude de contrainte (ou l'étendue de contrainte ou la contrainte maximale) en ordonnée, et le nombre de cycles d'effort [ou d'*endurance en fatigue* (3.11) si l'essai est terminé avant la rupture] en abscisse

Note 1 à l'article: Le diagramme *S-N* est également appelé diagramme de Wöhler *S-N* ou diagramme d'amplitude de contrainte/nombre de cycles d'effort.

Note 2 à l'article: Le diagramme *S-N* n'est généralement pas adapté aux éprouvettes comportant des assemblages par points et mécaniques car la contrainte est basée sur la section transversale de l'assemblage ou du composant.

Note 3 à l'article: Ce type de diagramme est généralement utilisé pour comparer la performance de structures et d'éprouvettes semblables aux composants, en particulier si le type de répartition de l'effort est indéfini et/ou non uniforme, par exemple, les éprouvettes à profilés fermés soumises à un effort de flexion ou de torsion 3 points.

3.14
limite d'endurance
effort maximal (3.2) ou *étendue d'effort* (3.4) auquel/à laquelle une éprouvette peut subir un nombre défini de cycles d'effort sans se rompre

3.15
limite de fatigue
amplitude d'effort (3.5) [ou *étendue d'effort* (3.4) ou *effort maximal* (3.2)] à laquelle une éprouvette peut subir un nombre infini ou spécifié de cycles d'effort sans se rompre

© ISO 2019 – Tous droits réservés

3.16
étendue de déplacement
ΔL
changement de longueur d'une éprouvette ($L_{max} - L_{min}$) entre des efforts F_{max} et F_{min}

3.17
amplitude de déplacement
demi-*étendue de déplacement* (3.16) $\left(\frac{\Delta L}{2}\right)$

3.18
rigidité
C
étendue d'effort (3.4) divisée par l'*étendue de déplacement* (3.16) correspondante

$$C = \frac{F_{max} - F_{min}}{\Delta L}$$

Note 1 à l'article: La rigidité d'une éprouvette représente une mesure de son changement de longueur sous l'effort. Lors des essais de fatigue des éprouvettes, le changement de la rigidité représente une perte d'intégrité de l'éprouvette.

Note 2 à l'article: La rigidité est également définie comme le rapport effort-déplacement.

3.19
rigidité initiale
C_0
rapport effort-déplacement en conditions stables, c'est-à-dire

$$C_0 = \frac{F_{max} - F_{min}}{\Delta L_0}$$

Note 1 à l'article: Dans les cas où les conditions stables ne sont pas atteintes, une valeur de *rigidité* (3.19) calculée soit à 10 s, soit à 500 cycles après le début de l'essai, quelle que soit la valeur obtenue en premier, sera utilisée comme rigidité initiale.

Note 2 à l'article: Une condition stable est une condition dans laquelle, pour la première fois lors d'un essai, la rigidité demeure constante dans une gamme de ± 1,5 % pendant une période de 10 s ou 500 cycles, quelle que soit la valeur obtenue en premier, ou une condition dans laquelle la rigidité présente une diminution linéaire continue sur une période de 10 s ou de 500 cycles, quelle que soit la valeur obtenue en premier.

3.20
perte de rigidité
C_L
réduction de la *rigidité* (3.18) par rapport à la *rigidité initiale* (3.19)

$$C_L = \frac{C_0 - C_N}{C_0}$$

3.21
rigidité relative
C_{rel}
rigidité (3.18) au nombre N de cycles d'effort C_N divisée par la *rigidité initiale* (3.19) C_0:

$$C_{rel} = \frac{C_N}{C_0}$$

© ISO 2019 – Tous droits réservés