NORME INTERNATIONALE

ISO 204

Troisième édition
2018-08

Matériaux métalliques — Essai de fluage uniaxial en traction — Méthode d'essai

Metallic materials — Uniaxial creep testing in tension — Method of test

Numéro de référence
ISO 204:2018(F)

© ISO 2018



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

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 ..... **vii**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **1**
3 Termes et définitions **1**
4 Symboles et désignations **6**
5 Principe **7**
6 Appareillage **8**
6.1 Machine d'essai 8
6.2 Dispositif de mesure d'extension et d'allongement 8
6.2.1 Dispositif de mesure d'extension 8
6.2.2 Dispositif de mesure d'allongement 9
6.3 Dispositif de chauffage, équipement de mesure de la température et étalonnage 9
6.3.1 Écarts de température admissibles 9
6.3.2 Mesurage de la température 10
6.3.3 Thermocouples 11
6.3.4 Étalonnage des thermocouples 12
7 Éprouvettes **12**
7.1 Forme et dimensions 12
7.1.1 Forme et dimensions des éprouvettes lisses 12
7.1.2 Forme et dimensions des éprouvettes entaillées 13
7.2 Préparation 13
7.3 Détermination de l'aire initiale de la section transversale 14
7.4 Marquage de la longueur initiale entre repères, L_o 14
7.5 Détermination de la longueur de référence, L_r 14
8 Mode opératoire **16**
8.1 Chauffage de l'éprouvette 16
8.2 Application de la force d'essai 16
8.3 Interruptions de l'essai 16
8.3.1 Interruptions planifiées de l'essai 16
8.3.2 Machine à éprouvettes multiples avec plusieurs éprouvettes en ligne 16
8.3.3 Essai combiné 16
8.3.4 Interruption accidentelle de l'essai 17
8.4 Relevé de température et d'allongement ou d'extension 17
8.4.1 Température 17
8.4.2 Allongement et extension 17
8.4.3 Diagramme d'allongement ou d'extension en fonction du temps 18
9 Détermination des résultats **18**
10 Validité d'essai **18**
11 Exactitude des résultats **18**
11.1 Expression des résultats 18
11.2 Incertitude finale 18
12 Rapport d'essai **19**
Annexe A (informative) **Informations relatives à la dérive des thermocouples** **24**
Annexe B (informative) **Informations relatives aux méthodes d'étalonnage des thermocouples** **28**
Annexe C (normative) **Essais de fluage sur éprouvettes avec entaille en V ou entaille circonférentielle émoussée** **29**

© ISO 2018 – Tous droits réservés

Annexe D (informative) **Méthode d'estimation de l'incertitude de mesure conformément au Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)** **33**
Annexe E (informative) **Présentation des résultats et extrapolation graphique** **40**
Annexe F (informative) **Représentation des normes sous une forme exploitable par ordinateur** **50**
Bibliographie **51**

 © ISO 2018 – 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 appelée 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, de 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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/foreword.html.

Le présent document a été préparé par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 1, *Essais uniaxiaux*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 204:2009), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

— Certains symboles ont été modifiés pour accomplir l'harmonisation avec la série ISO 6892.

— Pour les besoins du présent document, les termes «Fracture» et «Rupture» sont interchangeables.

— L'expression «Température indiquée», T_i a été remplacée par «Température mesurée corrigée» T_c, avec les erreurs provenant de toutes les sources qui ont été prises en compte et toutes les erreurs systématiques ont été corrigées. L'allongement se réfère à la déformation de l'éprouvette mesurée manuellement soit pendant des interruptions délibérées de l'essai ou après la rupture finale, tandis que l'extension est déterminée par mesurage continu utilisant un extensomètre.

— Certaines informations traitant de l'étalonnage des thermocouples ont été transférées d'une annexe informative dans le corps du document.

— Des changements ont été effectués dans le Tableau 1 et les formules ont été modifiées en utilisant la longueur de référence, L_r.

— L'équation E.1 (nouvelle Formule C.1) a été corrigée.

— Une nouvelle annexe informative traitant de la représentation des normes compatible avec l'usage de l'ordinateur a été ajoutée.

© ISO 2018 – Tous droits réservés

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.

© ISO 2018 – Tous droits réservés

Introduction

Le fluage est le phénomène présenté par les matériaux qui se déforment lentement lorsqu'ils sont soumis à un chargement à température élevée. Le présent document traite de la méthode utilisée pour mesurer ce comportement.

Des annexes sont incluses pour le mesurage de la température au moyen de thermocouples et leur étalonnage, les éprouvettes pour essais de fluage avec des entailles circonférentielles en V ou des entailles émoussées (Bridgman), l'estimation de l'incertitude de mesure, les méthodes d'extrapolation de la durée de vie jusqu'à rupture par fluage et les informations sur la représentation des normes compatible avec l'ordinateur.

NOTE 1 Des informations sont toujours recherchées en ce qui concerne l'influence d'un chargement non axial ou d'une flexion sur les caractéristiques de fluage de différents matériaux. En fonction de la disponibilité future de données quantitatives, on pourrait examiner la question de savoir s'il convient de spécifier la flexion maximale et de recommander un mode opératoire d'étalonnage approprié. Il sera nécessaire de fonder la décision sur des données quantitatives disponibles[43].

NOTE 2 Les informations concernant l'avantage des Normes produites dans un format compatible avec l'usage de l'ordinateur sont données dans l'annexe informative F.

Le présent document intègre de nombreuses recommandations élaborées par European Creep Collaborative Committee (ECCC).

NOTE 3 Plusieurs longueurs entre repères et longueurs de référence différentes sont spécifiées dans le présent document. Ces longueurs reflètent les habitudes et les pratiques de différents laboratoires du monde entier. Dans certains cas, les longueurs sont physiquement marquées sur l'éprouvette sous forme de traits ou de collerettes; dans d'autres cas, la longueur peut être une longueur virtuelle basée sur des calculs pour déterminer une longueur appropriée à utiliser pour déterminer l'allongement par fluage. Pour certaines éprouvettes, L_r, L_o et L_e sont la même longueur (voir 3.1, 3.2 et 3.3). Le terme «extension» est employé pour l'essai de fluage ininterrompu avec le mesurage continu de l'accroissement de la longueur de l'éprouvette à l'aide d'un extensomètre. Le terme «allongement» est utilisé pour l'essai de fluage interrompu avec le mesurage manuel de l'accroissement de la longueur de l'éprouvette.

NOTE 4 Pour bon nombre d'applications, le terme «déformation» est synonyme d'extension.

© ISO 2018 – Tous droits réservés

Matériaux métalliques — Essai de fluage uniaxial en traction — Méthode d'essai

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les méthodes pour:

a) les essais de fluage ininterrompu avec surveillance continue de l'extension,

b) les essais de fluage interrompus avec mesurage périodique de l'allongement,

c) les essais de rupture sous contrainte lorsque seul le temps jusqu'à la rupture est normalement mesuré,

d) un essai pour vérifier qu'un temps prédéterminé peut être dépassé sous une force donnée, sans que l'allongement ou l'extension n'ait été nécessairement rapporté.

NOTE Une essai de fluage peut se poursuivre jusqu'à la rupture effective ou peut être arrêté avant la rupture.

2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans le texte de sorte qu'une partie ou la totalité de leur contenu constitue les exigences du présent document. 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 6892-1, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 6892-2, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 2: Méthode d'essai à température élevée*

ISO 7500-2, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 2: Machines d'essai de fluage en traction — Vérification de la force appliquée*

ISO 9513, *Matériaux métalliques — Étalonnage des chaînes extensométriques utilisées lors d'essais uniaxiaux*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC maintiennent des bases de données terminologiques pour utilisation dans le domaine de la normalisation aux adresses suivantes:

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

— ISO Online browsing platform: disponible à http://www.iso.org/obp

3.1
longueur de référence
L_r
longueur de base utilisée pour les calculs du pourcentage d'allongement ou du pourcentage d'extension

Note 1 à l'article: Une méthode de calcul de cette valeur est indiquée en 7.5.

© ISO 2018 – Tous droits réservés

3.2
longueur initiale entre repères
L_o
longueur entre des repères portés sur l'éprouvette, mesurée à la température ambiante avant l'essai

Note 1 à l'article: En général, $L_o \geq 5D$.

3.3
longueur de base de l'extensomètre
L_e
distance entre les points de mesure de l'extensomètre

3.4
longueur calibrée
L_c
longueur de la partie calibrée de section réduite de l'éprouvette

3.5
longueur ultime entre repères après rupture
L_u
longueur entre des repères portés sur l'éprouvette, mesurée à la température ambiante après rupture, les fragments étant soigneusement rapprochés pour que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre

3.6
aire initiale de la section transversale
S_o
aire de la section transversale de la longueur calibrée déterminée à la température ambiante avant essai

3.7
aire minimale de la section transversale après rupture
S_u
aire minimale de la section transversale de la longueur calibrée déterminée à la température ambiante après rupture, les fragments étant soigneusement rapprochés pour que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre

3.8
contrainte initiale
R_o
force appliquée divisée par l'aire initiale de la section transversale (S_o) de l'éprouvette

3.9
extension
ΔL_e
accroissement de la longueur de base de l'extensomètre (L_e) à l'instant t et à la température d'essai

Note 1 à l'article: Pour obtenir des informations complémentaires, voir 6.2.

3.10
allongement
ΔL_o
accroissement de la longueur initiale entre repères (L_o) à l'instant t

Note 1 à l'article: Pour obtenir des informations complémentaires, voir 6.2.

3.11
pourcentage d'extension
e

© ISO 2018 – Tous droits réservés

extension à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r), comme exprimé dans la Formule (1)

$$e = \frac{\Delta L_e}{L_r} \times 100 \quad (1)$$

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

3.12
pourcentage d'allongement
A
allongement exprimé en pourcentage de la longueur de référence (L_r),), comme exprimé dans la Formule (2)

$$A = \frac{\Delta L_o}{L_r} \times 100 \quad (2)$$

3.13
pourcentage d'extension élastique
e_e
extension à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r) qui est proportionnelle à la contrainte initiale R_o

Note 1 à l'article: Cette valeur peut être calculée à partir des valeurs de contrainte/pourcentage d'extension pendant le chargement (voir 8.4.2).

Note 2 à l'article: Voir Figure 1.

3.14
pourcentage d'extension totale initiale
e_{ti}
extension à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r) à la fin du chargement avec la contrainte initiale R_o

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

3.15
pourcentage d'extension plastique initiale
e_i
extension à la fin du chargement et à la température d'essai avec la contrainte initiale R_o, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r), et correspondant à la différence entre le pourcentage d'extension totale initiale e_{ti} et le pourcentage d'extension élastique e_e, comme exprimé dans la Formule (3)

$$e_i = e_{ti} - e_e \quad (3)$$

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

Note 2 à l'article: Cette valeur représente l'extension plastique pendant la phase de chargement.

3.16
pourcentage d'extension totale
e_t
extension à la force d'essai exercée à l'instant t et à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r)

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

© ISO 2018 – Tous droits réservés

3.17
pourcentage d'extension plastique
e_p
extension à l'instant t et à la température d'essai, correspondant à la différence entre le pourcentage d'extension totale e_t et le pourcentage d'extension élastique e_e, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r), comme exprimé dans la Formule (4)

$$e_p = e_t - e_e \quad (4)$$

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

3.18
pourcentage d'extension ultime totale par fluage
e_u
extension totale à la rupture et à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r)

3.19
pourcentage d'extension par fluage
e_f
extension à un chargement déterminé et à la température d'essai, correspondant à la différence entre le pourcentage d'extension plastique e_p et le pourcentage d'extension plastique initiale e_i, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r), comme exprimé dans la Formule (5)

$$e_f = e_p - e_i \quad (5)$$

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.

Note 2 à l'article: L'indice f correspond à l'initiale de «fluage».

3.20
pourcentage d'extension anélastique
e_k
extension négative à la fin du déchargement et à la température d'essai, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r)

Note 1 à l'article: Voir Figure 1 et 8.4.

3.21
pourcentage d'extension rémanente
e_{per}
extension à la fin du déchargement et à la température d'essai, correspondant à la différence entre le pourcentage d'extension totale e_t et la somme du pourcentage d'extension élastique e_e et du pourcentage d'extension anélastique e_k, exprimée en pourcentage de la longueur de référence (L_r), comme exprimé dans la Formule (6)

$$e_{per} = e_t - (e_e + e_k) \quad (6)$$

Note 1 à l'article: Dans le cas où $e_k \approx 0$, la relation suivante peut être utilisée: $e_{per} \approx e_p$.

Note 2 à l'article: Voir Figure 1.

3.22
pourcentage d'allongement rémanent
A_{per}
allongement exprimé en pourcentage de la longueur de référence (L_r) à la fin du déchargement et à la température ambiante

© ISO 2018 – Tous droits réservés

3.23
pourcentage d'allongement après rupture par fluage
A_u
allongement rémanent après la rupture ($L_u - L_o$), exprimé en pourcentage de la longueur de référence (L_r), comme exprimé dans la Formule (7)

$$A_u = \frac{L_u - L_o}{L_r} \times 100 \tag{7}$$

Note 1 à l'article: A_u peut comporter en exposant la température spécifiée (T), en degrés Celsius, et en indice la contrainte initiale (R_o) en mégapascals. Voir l'exemple dans le Tableau 1.

3.24
coefficient de striction après rupture par fluage
Z_u
variation maximale de l'aire de la section transversale mesurée après rupture ($S_o - S_u$), exprimée en pourcentage de l'aire initiale de la section transversale (S_o), comme exprimé dans la Formule (8)

$$Z_u = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100 \tag{8}$$

Note 1 à l'article: Z_u peut comporter en exposant la température spécifiée (T), en degrés Celsius, et en indice la contrainte initiale (R_o) en mégapascals. Voir l'exemple dans le Tableau 1.

3.25
temps d'extension par fluage
t_{fx}
temps nécessaire pour qu'une éprouvette soumise à déformation atteigne un pourcentage d'extension par fluage spécifié (x) à la température spécifiée (T) et pour la contrainte initiale (R_o)

EXEMPLE $t_{f0,2}$

3.26
temps d'extension plastique
t_{px}
temps nécessaire pour obtenir un pourcentage d'extension plastique spécifié (x) à la température spécifiée (T) et pour la contrainte initiale (R_o)

Note 1 à l'article: Un exemple pour t_{p1} est donné à la Figure E.2a (t_{p1} = 100 000 h correspond à e_p = 1 % à R_o = 120 MPa).

3.27
temps de rupture par fluage
t_u
temps jusqu'à la rupture d'une éprouvette maintenue à la température spécifiée (T) et à la contrainte initiale (R_o)

Note 1 à l'article: Le symbole t_u peut comporter en exposant la température spécifiée (T), en degrés Celsius, et en indice la contrainte initiale (R_o) en mégapascals. Voir l'exemple dans le Tableau 1.

3.28
machine à éprouvette unique
machine d'essai permettant de solliciter une seule éprouvette

3.29
machine à éprouvettes multiples
machine d'essai permettant de solliciter simultanément plusieurs éprouvettes à la même température

© ISO 2018 – Tous droits réservés