
Soudage — Soudage par friction des matériaux métalliques

Welding — Friction welding of metallic materials

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15620:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 15620:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>



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 Connaissances en soudage	3
4.1 Procédés.....	3
4.1.1 Généralités.....	3
4.1.2 Soudage par friction rotative avec entraînement direct.....	4
4.1.3 Soudage par friction par accumulation d'énergie (par inertie).....	6
4.1.4 Autres procédés.....	8
4.1.5 Agencements utilisés pour le soudage par friction.....	8
4.2 Matériaux et combinaisons de matériaux.....	8
4.3 Machines de soudage par friction.....	9
4.3.1 Généralités.....	9
4.3.2 Équipements complémentaires.....	10
5 Exigences relatives à la qualité	10
5.1 Généralités.....	10
5.2 Exigences avant le soudage.....	11
5.2.1 Caractéristiques des matériaux.....	11
5.2.2 Préparation des pièces à souder.....	11
5.2.3 Maintien de la pièce.....	11
5.3 Traitement après soudage.....	12
5.4 Assurance de la qualité.....	12
6 Descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS)	12
6.1 Généralités.....	12
6.2 Informations relatives au fabricant.....	13
6.3 Informations relatives au matériau.....	13
6.4 Paramètres de soudage.....	13
6.5 Assemblage.....	13
6.6 Dispositifs optionnels.....	13
7 Qualification d'un mode opératoire de soudage	14
7.1 Principes.....	14
7.2 Essais de qualification d'un mode opératoire de soudage.....	14
7.2.1 Application.....	14
7.2.2 Descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-p).....	14
7.2.3 Nombre d'assemblages d'essai.....	14
7.2.4 Spécification pour les éprouvettes.....	15
7.2.5 Modes opératoires d'essai.....	17
7.2.6 Critères d'acceptation.....	19
7.3 Procès-verbal de qualification de mode opératoire de soudage (PV-QMOS).....	19
7.4 Expérience acquise.....	19
7.5 Circonstances justifiant la requalification.....	19
7.6 DMOS concernant une machine spécifique.....	20
7.7 Exigences du mode opératoire de requalification.....	20
8 Personnel soudeur	20
8.1 Opérateur sur machine de soudage par friction.....	20
8.2 Régleur sur machine de soudage par friction.....	20
8.3 Personnel de coordination en soudage (coordinateur).....	20
Annexe A (informative) Relations entre les paramètres de soudage	21

Annexe B (informative) Autres procédés utilisant la friction	23
Annexe C (informative) Combinaisons de matériaux soudables au moyen du soudage par friction	26
Annexe D (informative) Lignes directrices pour l'assurance de la qualité	28
Annexe E (informative) Examens et essais	29
Annexe F (informative) Descriptif de mode opératoire de soudage par friction (DMOS) du fabricant	31
Annexe G (informative) Caractéristiques des éléments soudés par friction	34
Annexe H (informative) Procès-verbal de qualification de mode opératoire de soudage (PV-QMOS) Approbation du mode opératoire de soudure - Certificat d'essai	40
Bibliographie	43

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15620:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>

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 10, *Gestion de la qualité dans le domaine du soudage*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document au Secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 10 par le biais de 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 depuis la page: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

Cette deuxième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 15620:2000), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- mise à jour de [l'Article 2](#);
- suppression dans [l'Article 3](#) des termes non mentionnés dans le texte;
- adjonction dans [l'Annexe B](#) de 4 nouveaux procédés basés sur le soudage par friction;
- clarification des essais recommandés pour les soudures soumises à essais (adjonction du [Tableau 4](#)).

Introduction

Le soudage par friction est une méthode permettant de réaliser des soudures en phase solide, au cours de laquelle un élément est mis en mouvement et en contact sous pression avec l'autre élément qui lui fait face, afin de produire de la chaleur aux surfaces de contact, la soudure étant réalisée en appliquant une force durant l'établissement du mouvement relatif ou après arrêt de celui-ci. Il existe plusieurs formes d'apport d'énergie et différentes formes de mouvements relatifs.

La température créée à l'interface par la chaleur produite par la friction est notablement plus faible que celle atteinte par d'autres procédés. C'est la raison principale pour laquelle le soudage par friction est adapté aux matériaux et aux combinaisons de matériaux qui sont difficiles à souder avec d'autres procédés. La zone de la soudure est généralement étroite et présente normalement une microstructure fine.

Bien que le procédé de soudage par friction soit principalement utilisé pour les pièces de section circulaire, il n'exclut pas les pièces ayant d'autres formes.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 15620:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>

Soudage — Soudage par friction des matériaux métalliques

1 Domaine d'application

Le présent document définit des exigences relatives au soudage par friction d'éléments métalliques.

Il définit des exigences spécifiques au soudage par friction rotative, relatives aux connaissances en soudage, aux exigences de qualité, au descriptif de mode opératoire de soudage et à la qualification du mode opératoire de soudage et du personnel en soudage.

Le présent document est applicable lorsqu'un contrat, une norme d'application ou une exigence réglementaire nécessitent d'apporter la preuve de la capacité d'un fabricant à réaliser une construction soudée d'un niveau de qualité spécifié. Il a été préparé avec une approche globale, en vue d'être utilisé en tant que référence dans les contrats. Les exigences indiquées peuvent être adoptées en intégralité, ou certaines d'entre elles peuvent être supprimées si elles ne sont pas applicables à la construction visée.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les 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/>

3.1

effort axial

effort dans la direction axiale entre les pièces à souder

3.2

consommation de matière en phase de friction

perte de longueur pendant la phase de friction

3.3

vitesse de consommation de matière en phase de friction

vitesse de raccourcissement des *pièces* (3.4) pendant le procédé de soudage par friction

3.4

pièce

élément à souder

3.5

freinage induit par la friction des pièces

réduction de la *vitesse de rotation* (3.18) provoquée par la friction entre les plans de joint

3.6

freinage externe

freinage situé à l'extérieur réduisant la *vitesse de rotation* (3.18)

3.7

surface de contact

surface d'une *pièce* (3.4) destinée à être mise en contact avec la surface d'une autre *pièce* (3.4) pour former un assemblage soudé

3.8

effort de forgeage

effort appliqué perpendiculairement aux *surfaces de contact* (3.7) lorsque le mouvement relatif entre les *pièces* (3.4) cesse ou a cessé

3.9

consommation de matière en phase de forgeage

perte de longueur sur les deux *pièces* (3.4) pendant l'application de l'*effort de forgeage* (3.8)

3.10

phase de forgeage

intervalle de temps dans le cycle de soudage par friction entre le début et l'arrêt de l'application de l'*effort de forgeage* (3.8)

3.11

pression de forgeage

pression (effort par unité de surface) exercée sur les *surfaces de contact* (3.7), résultant de l'*effort de forgeage* (3.8) axial

3.12

temps de forgeage

temps pendant lequel l'*effort de forgeage* (3.8) est appliqué aux *pièces* (3.4)

3.13

effort de friction

effort appliqué perpendiculairement aux *surfaces de contact* (3.7) pendant la durée où les *pièces* (3.4) sont en mouvement relatif

3.14

phase de friction

intervalle de temps dans le cycle de soudage par friction durant lequel la chaleur nécessaire à la réalisation d'une soudure est générée par le mouvement relatif et par le ou les *efforts de friction* (3.13) entre les *pièces* (3.4), correspondant à la période comprise entre l'accostage des *pièces* (3.4) et le début de la décélération

3.15

pression de friction

pression (effort par unité de surface) exercée sur les *surfaces de contact* (3.7), résultant de l'effort axial de friction

3.16

temps de friction

temps durant lequel il y a un mouvement relatif entre les *pièces* (3.4) à la *vitesse de rotation* (3.18) et sous application de(s) l'*effort(s) de friction* (3.18)

3.17

interface

zone de contact formée entre les *surfaces en contact* (3.7) après réalisation de l'opération de soudage

3.18

vitesse de rotation

nombre de tours par minute effectués par une *pièce* (3.4) en rotation

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15620:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>

3.19**porte à faux**

distance sur laquelle une *pièce* (3.4) dépasse de la mâchoire de serrage ou du mandrin dans la direction de la *pièce* (3.4) correspondante

3.20**phase de décélération**

intervalle de temps dans le cycle de soudage par friction durant lequel le mouvement relatif des *pièces* (3.4) ralentit jusqu'à l'arrêt complet

3.21**temps de décélération**

temps nécessaire à la *pièce* (3.4) en mouvement pour passer de la vitesse de friction à une vitesse nulle

3.22**perte de longueur totale (refoulement)**

perte de longueur provoquée par le soudage par friction correspondant à la somme de la *consommation de matière en phase de friction* (3.2) et de la *consommation de matière en phase de forgeage* (3.9)

3.23**temps de soudage total**

temps écoulé entre l'accostage des *pièces* (3.4) et la fin de la phase de forgeage

3.24**cycle de soudage**

succession d'opérations effectuées par la machine pour réaliser un assemblage soudé jusqu'au retour à la position initiale, les opérations de manipulation des *pièces* (3.4) étant exclues

3.25**assemblage**

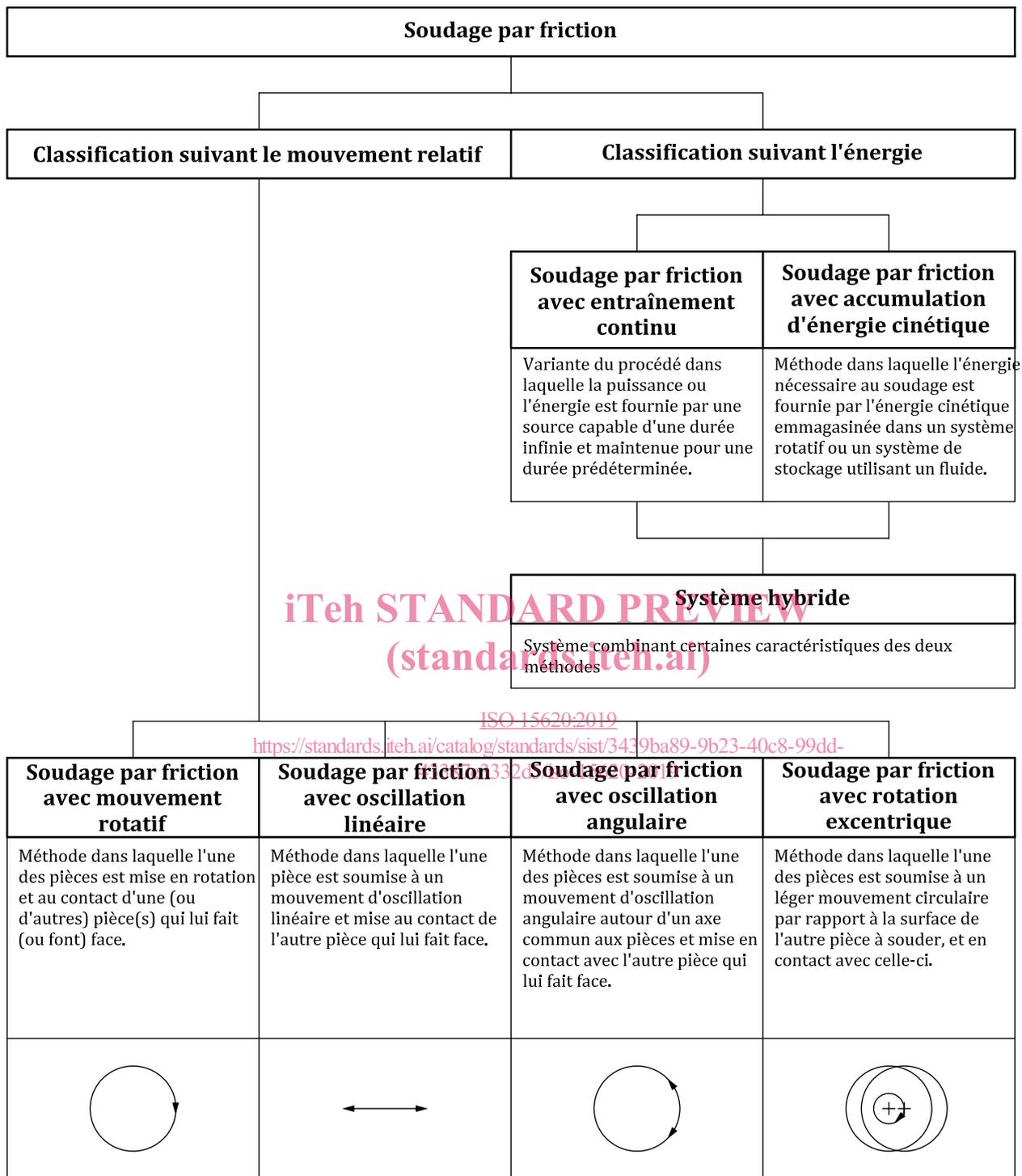
deux ou plusieurs pièces assemblées par soudage

ISO 15620:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>

4 Connaissances en soudage**4.1 Procédés****4.1.1 Généralités**

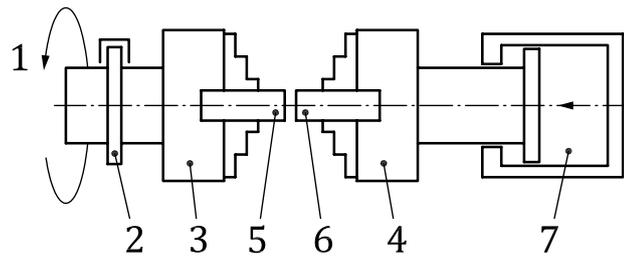
La classification des procédés de soudage par friction est indiquée dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Classification des procédés de soudage par friction



4.1.2 Soudage par friction rotative avec entraînement direct

L'apport d'énergie est fourni par entraînement direct à une vitesse ou à des vitesses de rotation prédéterminée(s) (voir [Figure 1](#) et [Figure 2](#)).



Légende

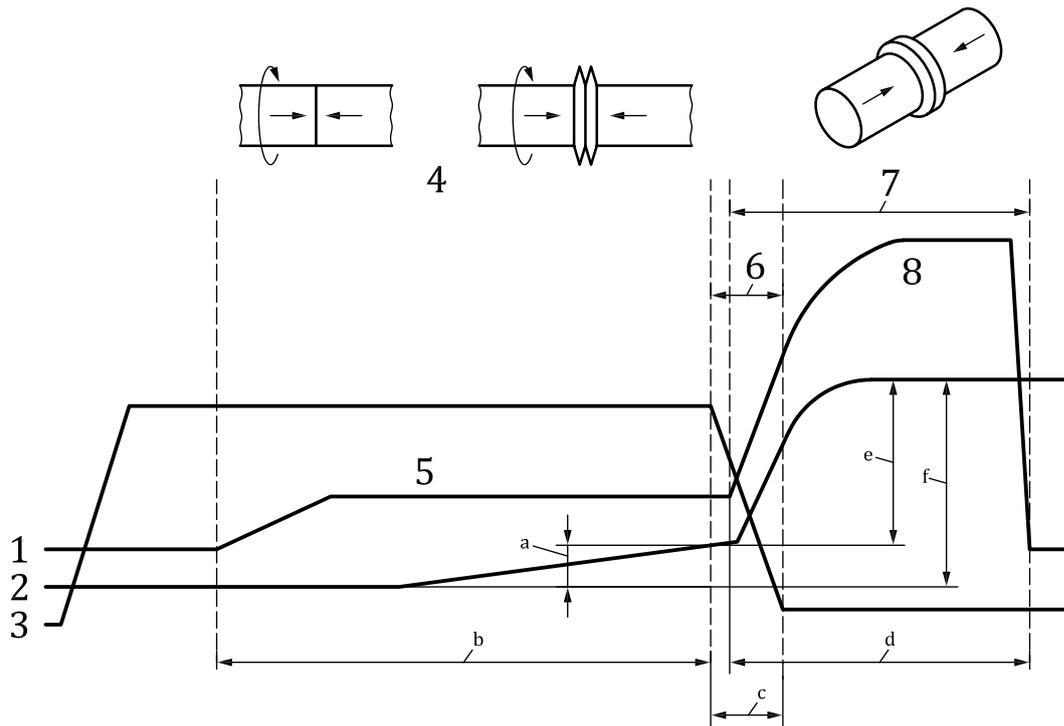
- 1 moteur d'entraînement
- 2 frein
- 3 dispositif de serrage rotatif
- 4 dispositif de serrage fixe
- 5 pièce à souder en rotation
- 6 pièce à souder fixe
- 7 cylindre de forgeage

Figure 1 — Schéma du soudage par friction rotative avec entraînement direct

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15620:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019>



Légende

- 1 effort axial
 - 2 déplacement axial
 - 3 vitesse de rotation
 - 4 phase de friction
 - 5 effort de friction
 - 6 phase de décélération
 - 7 phase de forgeage
 - 8 effort de forgeage
- a Consommation de matière en phase de friction.
 b Temps de friction.
 c Temps de décélération.
 d Temps de forgeage.
 e Consommation de matière en phase de forgeage.
 f Perte de longueur totale (refoulement).

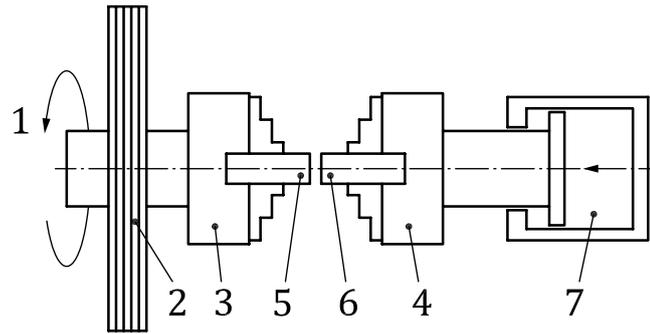
Figure 2 — Schéma des relations types des caractéristiques du soudage par friction à vitesse de rotation constante (soudage par friction, procédé 42 selon l'ISO 4063)

La broche est soit ralentie à une vitesse prédéterminée, soit arrêtée par un système de freinage extérieur ou le freinage induit par la friction des pièces. Les principaux paramètres de soudage sont indiqués ci-dessous et les relations entre ces derniers sont indiquées en [Annexe A](#):

- vitesse(s) de rotation;
- effort(s) de friction prédéterminé(s);
- temps de friction ou consommation de matière en phase de friction;
- effort(s) de forgeage prédéterminé(s);
- temps de forgeage;
- temps de décélération et forgeage retardé.

4.1.3 Soudage par friction par accumulation d'énergie (par inertie)

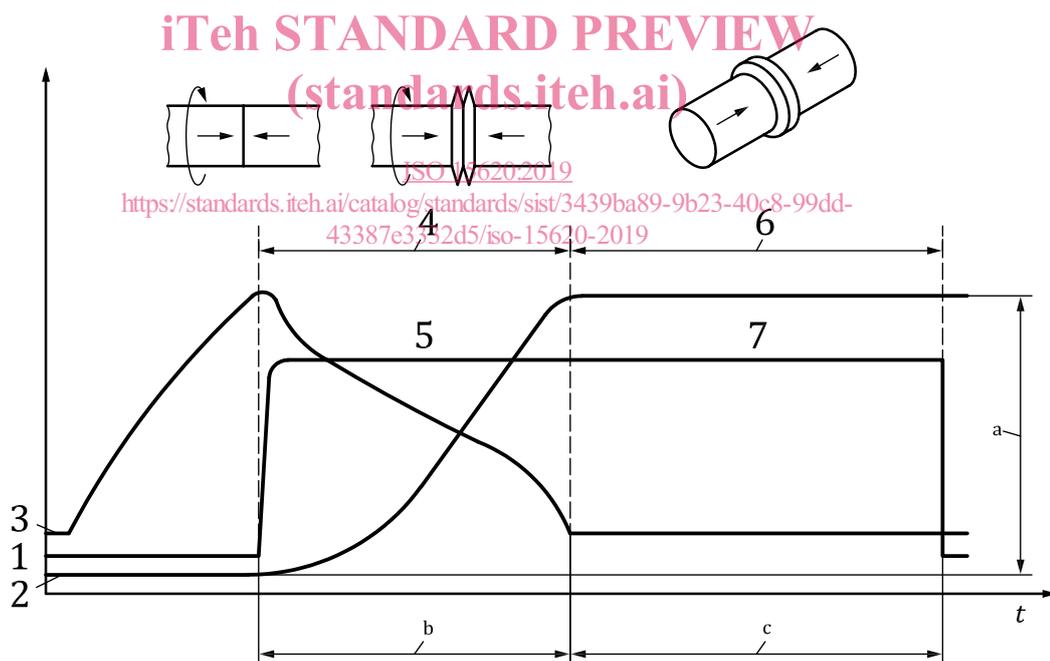
L'énergie emmagasinée dans un volant d'inertie est utilisée pour le procédé de soudage par friction avec un freinage induit par la friction entre les pièces (voir [Figure 3](#) et [Figure 4](#)).



Légende

- 1 moteur d'entraînement
- 2 volant d'inertie, variable
- 3 dispositif de serrage rotatif
- 4 dispositif de serrage fixe
- 5 pièce à souder en rotation
- 6 pièce à souder fixe
- 7 cylindre de forgeage

Figure 3 — Schéma du soudage par friction par inertie



Légende

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 effort axial | 6 phase de forgeage |
| 2 déplacement axial | 7 effort de forgeage |
| 3 vitesse de rotation | a Perte de longueur totale (refoulement). |
| 4 phase de friction | b Temps de friction. |
| 5 effort de friction | c Temps de forgeage. |

Figure 4 — Schéma des relations types des caractéristiques du soudage par friction par inertie vitesse (soudage par friction, procédé 42 selon l'ISO 4063)

Les principaux paramètres de soudage sont indiqués ci-dessous et les relations entre ces derniers sont indiquées en [Annexe A](#):

- vitesse de rotation;
- volant d'inertie;
- effort(s) de friction prédéterminé(s);
- effort(s) de forgeage prédéterminé(s).

4.1.4 Autres procédés

D'autres procédés sont indiqués à l'[Annexe B](#).

4.1.5 Agencements utilisés pour le soudage par friction

Les méthodes suivantes de soudage par friction rotative (voir [Figure 5](#)) peuvent être différenciées de la façon suivante:

- soudage par friction avec rotation de l'une des pièces à souder et mouvement linéaire de l'autre pièce [[Figure 5 a](#)], c'est-à-dire avec une machine de soudage par friction avec broche fixe;
- soudage avec rotation et mouvement linéaire de l'une des pièces à souder, l'autre pièce étant maintenue fixe [([Figure 5 b](#))], c'est-à-dire avec une machine de soudage par friction avec broche coulissante;
- rotation et mouvement linéaire de deux pièces contre une pièce statique positionnée entre elles [([Figure 5 c](#))], c'est-à-dire avec une machine de soudage par friction à double tête;
- rotation d'une pièce centrale avec mouvement linéaire de deux pièces placées à ses extrémités [([Figure 5 d](#))].

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3439ba89-9b23-40c8-99dd-43387e3332d5/iso-15620-2019

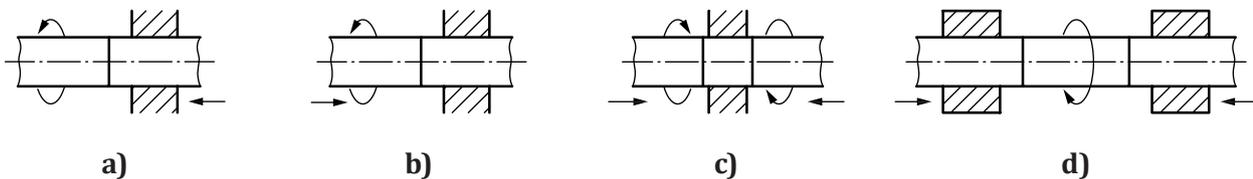


Figure 5 — Méthodes de soudage par friction rotative

4.2 Matériaux et combinaisons de matériaux

L'expérience acquise en soudage par friction de nombreux matériaux métalliques et combinaisons de matériaux métalliques est déjà assez étendue (voir [Annexe C](#)). Les critères de soudabilité pour d'autres procédés de soudage ne sont pas toujours applicables au soudage par friction. Le soudage par friction permet de souder un plus grand nombre de matériaux et de combinaisons de ces matériaux que la plupart des autres procédés de soudage. Les informations indiquées à l'[Annexe C](#) reposent sur les résultats réels obtenus par des soudures d'essai mais elles ne sont pas nécessairement complètes. Pour de nombreux matériaux et de nombreuses combinaisons de matériaux, il existe des informations complémentaires qui ne sont applicables qu'à des configurations particulières.

Les facteurs suivants peuvent affecter la qualité du soudage:

- quantité, répartition et forme des inclusions non métalliques dans le (ou les) matériau(x) de base;
- formation de phases intermétalliques dans la soudure;
- formation de phases à bas point de fusion dans la soudure;

- porosité du (ou des) matériau(x) de base;
- adoucissement dans la soudure de matériaux durcis;
- durcissement dans la zone affectée thermiquement du métal soudé;
- hydrogène contenu dans le (ou les) matériau(x) de base.

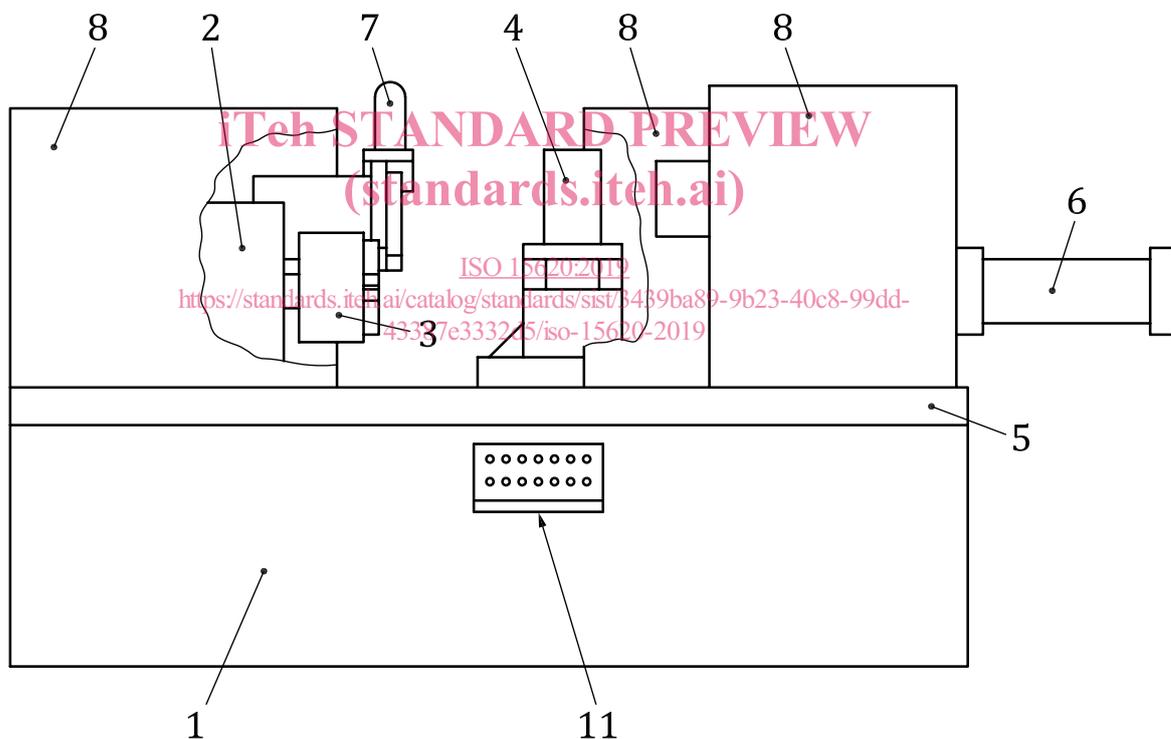
Il peut être possible de pallier certains de ces inconvénients en ajustant les paramètres ou en procédant à un traitement thermique adapté.

4.3 Machines de soudage par friction

4.3.1 Généralités

Le soudage par friction n'est pas influencé par la position de soudage et peut être mis en œuvre dans n'importe quel plan.

La conception et la construction des machines dépendent de l'application envisagée; il existe certaines conditions préalables pour obtenir une production précise et reproductible. Une machine horizontale de soudage par friction est représentée sur le schéma de la [Figure 6](#).



Légende

1	bâti de la machine	7	dispositif d'élimination du bourrelet
2	poupée fixe avec broche et frein	8	écrans de sécurité
3	mandrin pour pièce tournante	9	groupe d'entraînement hydraulique (non représenté)
4	dispositif de serrage pour pièce fixe	10	armoire de commande électrique (non représentée)
5	glissières (traverses)	11	tableau de commande de la machine
6	générateur de force		

Figure 6 — Diagramme schématique d'une machine horizontale de soudage par friction à entraînement direct