

---

---

**Soudage — Recommandations pour le  
soudage des matériaux métalliques —  
Partie 7:  
Soudage par faisceau d'électrons**

*Welding — Recommendations for welding of metallic materials —  
Part 7: Electron beam welding*  
**iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)**

ISO/TR 17671-7:2004

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-  
eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO/TR 17671-7:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-  
eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

© ISO 2004

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 l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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 .....	iv
Introduction .....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	2
4 <b>Exigences de qualité</b> .....	10
5 <b>Stockage et manipulation des métaux de base et des produits consommables</b> .....	10
6 <b>Moyens de soudage</b> .....	11
7 <b>Qualification du personnel employé dans les opérations de soudage</b> .....	12
8 <b>Descriptif du mode opératoire de soudage</b> .....	13
9 <b>Épreuve de qualification du mode opératoire</b> .....	14
10 <b>Préparation des joints</b> .....	14
10.1 <b>Usinage</b> .....	14
10.2 <b>Démagnétisation</b> .....	16
10.3 <b>Nettoyage</b> .....	16
10.4 <b>Assemblage</b> .....	16
11 <b>Conception du joint</b> .....	16
11.1 <b>Joints linéaires</b> .....	16
11.2 <b>Soudures circulaires</b> .....	20
12 <b>Trous d'évent</b> .....	20
13 <b>Soudures de pointage et passes de lissage</b> .....	22
14 <b>Traitement thermique avant et après soudage</b> .....	22
15 <b>Documentation</b> .....	23
<b>Annexe A (informative) Information relative à la soudabilité des matériaux métalliques</b> .....	26
<b>Annexe B (informative) Résumé de la soudabilité par faisceau d'électrons des métaux suivant les groupes de l'ISO/TR 15608:2000</b> .....	34
<b>Annexe C (informative) Information sur les causes de défauts et précautions permettant de les éviter</b> .....	46
<b>Annexe D (informative) Exemples de préparation de joints circulaires</b> .....	52
<b>Bibliographie</b> .....	63

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

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.

L'ISO/TR 17671-7 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 10, *Unification des prescriptions dans la technique du soudage des métaux*.

L'ISO/TR 17671 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques*:

- *Partie 1: Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc*
- *Partie 2: Soudage à l'arc des aciers ferritiques*
- *Partie 3: Soudage à l'arc des aciers inoxydables*
- *Partie 4: Soudage à l'arc de l'aluminium et des alliages d'aluminium*
- *Partie 5: Soudage des aciers plaqués*
- *Partie 6: Soudage par faisceau laser*
- *Partie 7: Soudage par faisceau d'électrons*

## Introduction

La présente partie de l'ISO/TR 17671 contient des recommandations spécifiques pour le soudage par faisceau d'électrons des matériaux métalliques qu'il convient de respecter en liaison avec les recommandations générales pour le soudage selon l'ISO/TR 17671-1. Elle inclut des détails sur les exigences de qualité, les équipements de soudage de production; elle traite également de la soudabilité de certains matériaux et donne des informations sur les modes opératoires de soudage.

Les propriétés particulières du soudage par faisceau d'électrons découlent de la possibilité offerte en ce qui concerne une puissance élevée et la densité de puissance à l'impact du faisceau, le soudage à forte pénétration qui en découle et la possibilité exceptionnelle de contrôle du procédé.

Le soudage par faisceau d'électrons est recommandé pour le soudage des matériaux métalliques qui exigent un faible apport de chaleur, un retrait et des déformations faibles ainsi que pour le soudage de matériaux dissemblables ou réactifs. Il permet des vitesses de soudage élevées et une souplesse de conception grâce à l'assemblage de composants simples. Le faisceau d'électrons rend possibles l'assemblage de pièces de très faible ou de très forte section ainsi que la combinaison des deux. Il se prête également à l'automatisation et au contrôle de qualité.

Il convient de faire parvenir les demandes d'interprétations officielles de l'un quelconque des aspects du présent Rapport technique au secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 10 via le comité membre national, dont une liste exhaustive peut être trouvée à l'adresse [www.iso.org](http://www.iso.org).

**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 17671-7:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-  
eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

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

[ISO/TR 17671-7:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-  
eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004)

# Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques —

## Partie 7: Soudage par faisceau d'électrons

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TR 17671 peut être utilisée pour le soudage par faisceau d'électrons (procédé 51 selon l'ISO 4063) des matériaux métalliques soudables selon l'ISO/TR 15608 (voir Annexes A et B). Elle ne contient aucune information relative aux contraintes admissibles par les joints soudés ou en ce qui concerne les essais et l'évaluation des joints soudés. De telles informations peuvent être obtenues à partir des normes d'application adéquates; sinon, il convient aux parties contractantes de se mettre d'accord à ce sujet.

Une exigence pour l'application de la présente partie de l'ISO/TR 17671 est qu'il convient de mettre en œuvre les recommandations qu'elle contient par du personnel expérimenté ayant été formé de manière appropriée.

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 3834-1, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 1: Lignes directrices pour la sélection et l'utilisation*

ISO 3834-2, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 2: Exigences de qualité complète*

ISO 3834-3, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 3: Exigences de qualité normale*

ISO 3834-4, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 4: Exigences de qualité élémentaire*

ISO 4063, *Soudage et techniques connexes — Nomenclature et numérotation des procédés*

ISO 6520-1, *Soudage et techniques connexes — Classification des défauts géométriques dans les soudures des matières métalliques — Partie 1: Soudage par fusion*

ISO 13919-1, *Soudage — Assemblages soudés par faisceau d'électrons et par faisceau laser — Guide des niveaux de qualité des défauts — Partie 1: Acier*

ISO 13919-2, *Soudage — Assemblages soudés par faisceau d'électrons et par faisceau laser — Guide des niveaux de qualité des défauts — Partie 2: Aluminium et ses alliages soudables*

ISO 14732, *Personnel en soudage — Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs pour le soudage par fusion et des régleurs en soudage par résistance pour le soudage automatique et entièrement automatique des matériaux métalliques*

ISO 14744-1, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 1: Principes et conditions de réception*

ISO 14744-2, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 2: Mesure des caractéristiques de la tension d'accélération*

ISO 14744-3, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 3: Mesure des caractéristiques de l'intensité du faisceau*

ISO 14744-4, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 4: Mesure de la vitesse de soudage*

ISO 14744-5, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 5: Mesure de la précision géométrique*

ISO 14744-6, *Soudage — Essais de réception des machines de soudage par faisceau d'électrons — Partie 6: Mesure de la stabilité de la position de la tache focale*

ISO/TR 15608:2000, *Soudage — Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux métalliques*

ISO 15609-3, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 3: Soudage par faisceau d'électrons*

ISO 15614-11, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire — Partie 11: Soudage par faisceau d'électrons et par faisceau laser*

ISO/TR 17671-1, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 1: Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13919-1, l'ISO 13919-2, l'ISO 14744-1, l'ISO 15609-3 et l'ISO 15614-11 et les suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **tension d'accélération**

différence de potentiel électrique,  $U_A$ , entre la cathode et l'anode

#### 3.2

##### **intensité de faisceau**

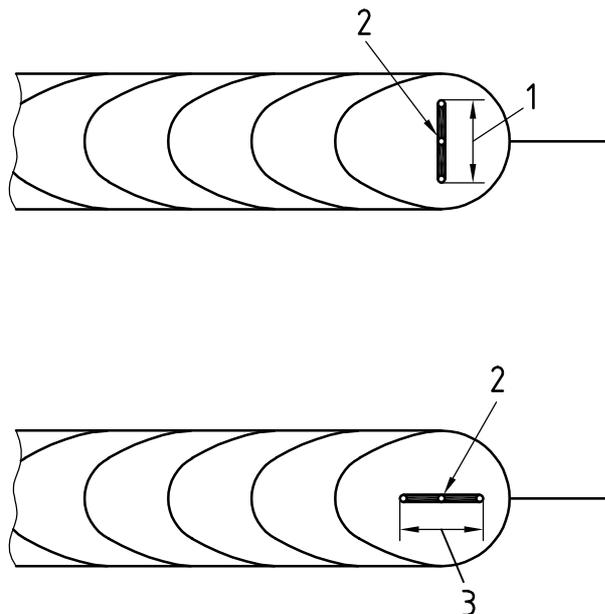
valeur de l'intensité du courant électrique du faisceau,  $I_B$

#### 3.3

##### **oscillation de faisceau**

déviations périodiques du faisceau d'électrons depuis sa position initiale définie en termes de motif, de dimensions et de fréquence

Voir Figure 1.



#### Légende

- 1 largeur d'oscillation
- 2 position initiale de l'axe du faisceau
- 3 longueur d'oscillation

Figure 1 — Termes relatifs à l'oscillation du faisceau d'électrons

#### 3.4

##### passé de finition

refusé superficiel de la soudure dans le but d'améliorer son aspect

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/75666ab7-6c57-4072-b9c8-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004>

NOTE Cette passe est généralement réalisée à l'aide d'un faisceau défocalisé ou oscillant.

#### 3.5

##### défocalisation

écart par rapport à la position de focalisation normale (par exemple focalisation à la surface de la pièce)

#### 3.6

##### distance de focalisation

distance entre le plan de la bobine de focalisation et le point de focalisation du faisceau

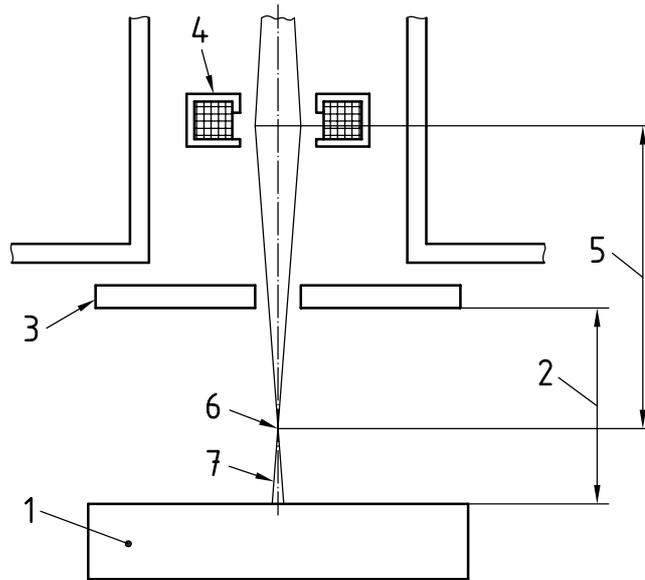
Voir Figure 2.

#### 3.7

##### distance de travail

distance entre la surface de la pièce et un point de référence standard de l'équipement repérable par rapport à la bobine de focalisation réelle

Voir Figure 2.



**Légende**

- 1 pièce
- 2 distance de travail
- 3 écran thermique
- 4 bobine de focalisation
- 5 distance de focalisation
- 6 point de focalisation
- 7 point d'impact

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

ISO/TR 17671-7:2004

**Figure 2 — Définition de la distance de travail et de la distance de focalisation**

**3.8 courant de focalisation**

intensité du courant,  $I_L$ , circulant dans la bobine de focalisation électromagnétique

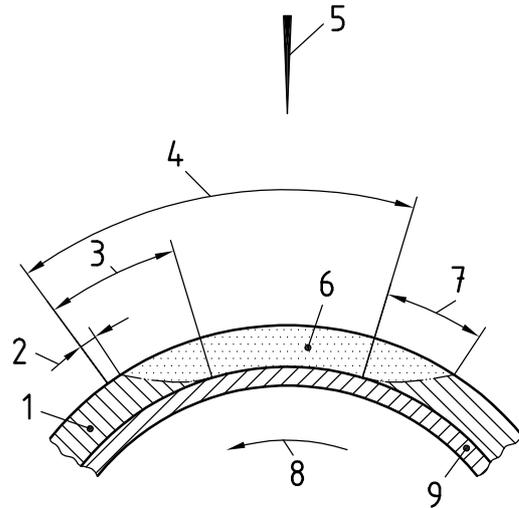
**3.9 évanouissement**

décroissance contrôlée de la puissance du faisceau à la fin du soudage

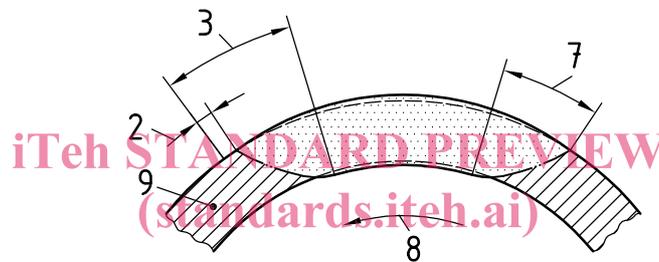
La zone d'évanouissement est la région de la pièce où l'évanouissement est effectué. Voir Figure 3.

La zone d'évanouissement peut être constituée d'une ou deux parties suivant le mode de soudage adopté:

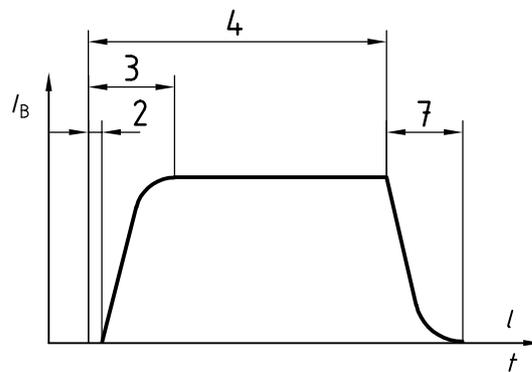
- a) dans le cas du soudage à pénétration partielle:
  - une région où la pénétration décroît de manière continue, et
- b) dans le cas du soudage à pleine pénétration:
  - une région où la pénétration du faisceau est encore totale;
  - une région où la pénétration est partielle ou décroissante.



a) Soudage à pénétration partielle (la passe supérieure ne figure pas)



b) Soudage à pleine pénétration (sans recouvrement)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/75006a07-0c57-4072-b9cc-eea218184f7a/iso-tr-17671-7-2004>



c) Contrôle de  $I_B$  pour une soudure circulaire avec recouvrement

**Légende**

- |   |  |       |                                      |
|---|--|-------|--------------------------------------|
| 1 | pièce (zone soudée)  | 7     | zone d'évanouissement                |
| 2 | temps écoulé entre le démarrage du contrôle et le début du soudage | 8     | direction de déplacement de la pièce |
| 3 | zone de montée en puissance  | 9     | pièce (zone non soudée)              |
| 4 | zone de recouvrement   | $I_B$ | intensité du courant de faisceau     |
| 5 | faisceau d'électrons   | $l$   | longueur de la soudure               |
| 6 | zone refusée   | $t$   | temps de soudage                     |

**Figure 3 — Définition des termes dans le cas de joints soudés circulaires**

**3.10**  
**montée en puissance**

accroissement contrôlé de la puissance du faisceau au début du soudage

Voir Figure 3.

**3.11**  
**défauts en doigt de gant**  
**spikes**

variation locale de la profondeur de la zone fondue consécutive à des instabilités du mécanisme de pénétration du faisceau d'électrons

**3.12**  
**trou d'évent**

trou pour l'élimination des gaz contenus dans des cavités des pièces

Voir Figure 12.

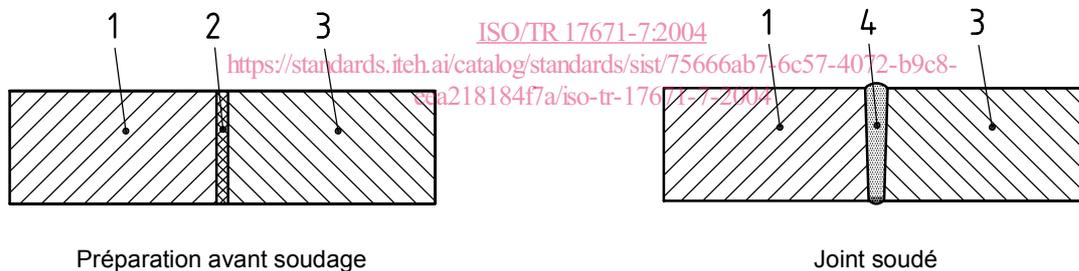
**3.13**  
**pression de travail**

pression mesurée dans l'enceinte de soudage au voisinage de la pièce

**3.14**  
**insert métallique**

addition d'alliage introduit au moyen d'un feuilard prépositionné à l'interface du joint pour modifier la composition de la zone fondue afin d'améliorer la soudabilité ou les performances de la soudure

Voir Figure 4.



**Légende**

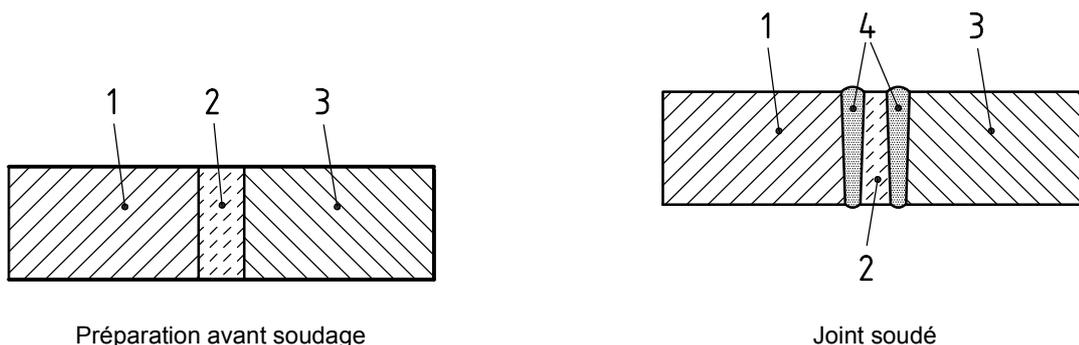
- 1 matériau de base A
- 2 insert métallique
- 3 matériau de base A ou B
- 4 zone fondue

**Figure 4 — Soudage avec inserts métalliques**

**3.15**  
**pièce insert**

insert en matériau tampon utilisé pour permettre le soudage de matériaux métallurgiquement incompatibles

Voir Figure 5.



### Légende

- 1 matériau de base A
- 2 pièce insert
- 3 matériau de base B
- 4 zone fondue

Figure 5 — Soudage de matériaux dissemblables avec utilisation de pièces inserts

## 4 Exigences de qualité

Il convient de définir les exigences de qualité dans la spécification de conception avant le début d'exécution du soudage. Il convient de définir ces exigences sur la base de l'ISO 3834-1 et de l'ISO 3834-2 ou de l'ISO 3834-3 ou de l'ISO 3834-4 et de l'ISO 13919-1 ou de l'ISO 13919-2, sauf s'il existe d'autres normes d'application appropriées.

ISO/TR 17671-7:2004

## 5 Stockage et manipulation des métaux de base et des produits consommables

Dans le but d'éviter des contacts avec des produits corrosifs, des inclusions de métal étranger, etc., il convient que les métaux de base et les produits consommables de différentes classes de matériaux, conformément à l'ISO/TR 15608, ne soient pas stockés et utilisés conjointement.

## 6 Moyens de soudage

Les moyens de soudage incluent la machine de soudage par faisceau d'électrons, le poste de travail, les outillages, les dispositifs de maintien, les dispositifs de démagnétisation et les moyens de nettoyage. Dans ce qui suit, seuls les dispositifs ayant un rapport direct avec le soudage par faisceau d'électrons seront décrits en détail.

Il convient que la machine de soudage par faisceau d'électrons soit installée de sorte que les conditions d'environnement, telles que les vibrations mécaniques, le bruit et les poussières des machines voisines, les champs électriques et magnétiques, n'influent pas sur la qualité des soudures. De plus, il convient de respecter les règlements de contrôle du niveau de bruit en ce qui concerne les pompes à vide. Dans des ateliers de grandes dimensions, il convient que les lieux de travail des opérateurs et des réglers soient protégés contre les nuisances provenant des opérations de fabrication (par exemple au moyen de cloisons). Les gaz émis au cours de la mise au vide de l'enceinte de travail ne doivent être rejetés dans l'atmosphère que dans des conditions conformes aux règlements applicables. Dans le cas où les exigences sur la qualité des soudures sont particulièrement sévères, l'emploi d'air filtré ou de gaz inerte pour le dégazage de l'enceinte à vide est également recommandé.

La tension d'alimentation de la machine de soudage par faisceau d'électrons ne doit pas varier de plus de  $\pm 10\%$ , et il convient de prendre des précautions pour s'assurer que la machine de soudage est convenablement mise à la terre.