

Le 23 janvier 1968

METRO DE MEXICOSPECIFICATION TECHNIQUE
POUR LA SOUDURE ALUMINOTHERMIQUE

- des rails
- des barres de guidage
- des pistes métalliques

SOMMAIRE

=====

I - GENERALITES

- Article I-1 - Objet
- Article I-2 - Principe du procédé
- Article I-3 - Applications du procédé
- Article I-4 - Agréments à obtenir par l'entrepreneur
- Article I-5 - Soudures d'essai

II - EXECUTION DES SOUDURES

- Article II-1 - Lieux de réalisation des soudures
- Article II-2 - Préparation du joint
- Article II-3 - Réglage du joint
- Article II-4 - Moules
- Article II-5 - Pose des moules
- Article II-6 - Préchauffage
- Article II-7 - Exécution de la soudure
- Article II-8 - Parachèvement de la soudure

III - RECEPTION DES SOUDURES

- Article III-1 - Conditions de réception
- Article III-2 - Vérification de l'aspect extérieur des soudures dans la voie
- Article III-3 - Vérification des tolérances géométriques sur l'assemblage soudé
- Article III-4 - Réparations de soudures défectueuses
- Article III-5 - Contrôle en laboratoire - Proportion des essais
- Article III-6 - Essai de choc
- Article III-7 - Essai de dureté Brinell
- Article III-8 - Essais complémentaires

IV - DISPOSITIONS DIVERSES

- Article IV-1 - Transport et stockage des matières nécessaires à l'exécution des soudures
- Article IV-2 - Frais d'essai
- Article IV-3 - Délai de garantie

Le 23 janvier 1968

METRO DE MEXICO

SPECIFICATION TECHNIQUE
POUR LA SOUDURE ALUMINOTHERMIQUE

- des rails
- des barres de guidage
- des pistes métalliques

I. GENERALITES-

Article I-1 - Objet

La présente spécification a pour objet de définir les conditions d'exécution de l'opération de soudage sur chantiers, des rails, barres de guidage et des pistes métalliques par le procédé aluminothermique avec préchauffage.

Article I-2 - Principe du procédé

Le principe aluminothermique repose sur le dégagement de chaleur résultant de la réduction fortement exothermique d'un oxyde de fer par l'aluminium.

Le métal en fusion obtenu par cette opération est coulé dans un moule entourant les abouts du profilé à souder. Ces abouts ont été préalablement chauffés à une température convenable et la chaleur apportée par la coulée permet de fondre les abouts qui se trouvent réunis par un métal de caractéristiques voisines de celles du métal de base, grâce aux produits d'addition adéquats contenus dans la charge.

...

Article I-3 - Applications du procédé

Les soudures aluminothermiques seront normalement exécutées sur les chantiers de pose de voie du métro de MEXICO. Elles s'appliqueront :

- au rail 80 lbs - A.S.C.E.
- au rail 100 lbs - R.E.E.
- à des raccords entre rails 80 lbs et 100 lbs
- au profilé de barre de guidage en cornière à ailes inégales 6" x 4" x 7/8"
- à la piste métallique (poutrelle I à larges ailes)

Article I-4 - Agréments à obtenir par l'entrepreneur

Avant tout début d'exécution, l'entrepreneur devra demander à S.T.C. (SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO) son agrément, en ce qui concerne :

1. les modalités d'exécution envisagées pour l'opération de soudage (nature et dimensions des moules, bourrelets résiduels, etc.)
2. le matériel de découpage des différents profilés
3. les appareils servant au préchauffage
4. les techniciens soudeurs exécutant le travail.
Pour l'agrément de ces derniers, S.T.C. se réserve le droit de faire exécuter des soudures d'essais.

Ces différents agréments ne diminueront en rien la responsabilité de l'entrepreneur, tant en ce qui concerne la qualité des soudures, la sécurité des ouvriers, les risques d'incendie que les dommages éventuels aux installations du métro.

...

Article I-5 - Soudures d'essai

Les agréments détaillés ci-dessus étant obtenus, l'entrepreneur devra en outre faire la preuve que les soudures qu'il se propose d'exécuter correspondent en tous points aux conditions imposées dans la présente spécification.

Il devra donc exécuter, avant le début du chantier, un certain nombre de soudures d'essai qui seront soumises aux différents examens prescrits.

Les frais de mise au point ainsi que les frais occasionnés par ces soudures, compris les dépenses résultant des essais, sont à la charge de l'entrepreneur.

II - EXECUTION DES SOUDURES

Article II-1 - Lieux de réalisation des soudures

Toutes les soudures doivent être réalisées sur le chantier.

Pour les rails de roulement et les barres de guidage, les soudures sont à faire sur des profilés en place, posés et maintenus dans leur position définitive.

En courbe, les attaches voisines de joint pourront être libérées, mais elles devront être remises en place après soudures.

Les joints pourront se trouver à une distance minimale de 0,20 m de l'extrémité la plus saillante de l'attache voisine (exemple : isolateurs pour les barres de guidage).

En ce qui concerne les pistes métalliques, la soudure pourra avoir lieu ~~soit dans le~~ milieu de la voie (les éléments seront alors alignés et réglés sur les cales posées sur les traverses) soit dans la voie elle-même, les profilés étant maintenus à leur position définitive.

L'entrepreneur devra tenir compte de la place dont il dispose pour la conception de ses moules.

Article II-2 - Préparation du joint

La largeur nominale du joint est fixée par l'entrepreneur pour chaque profilé à souder. Elle sera matérialisée par une cale-prisonnier. S'il y a lieu de recouper les profilés pour obtenir la largeur voulue, l'opération pourra se faire par oxy-coupage. La coupe doit être régulière et bien perpendiculaire à l'axe longitudinal du profilé et suivie d'un nettoyage soigné au marteau à piquer au burin et à la brosse métallique afin de débarrasser la section réalisée des particules d'oxyde les plus importantes.

En cas d'utilisation du chalumeau, il sera fait emploi des guides reproducteurs spéciaux partout où cela est possible.

...

ARTICLE II-3 - Réglage du joint

Avant soudure, les profilés doivent être soigneusement réglés et les profils doivent se correspondre aussi exactement que possible.

Doivent s'aligner parfaitement,

- pour les rails : la table de roulement et la face interne du champignon,
- pour les barres de guidage : les faces extérieures de la cornière, avec priorité pour la face verticale servant de surface de glissement des frotteurs,
- pour les pistes métalliques : le dessus de l'aile supérieure, et l'extrémité de cette aile, côté rail de roulement.

Le réglage doit être effectué en plan et en profil compte-tenu des contre-flèches indispensables pour annuler l'effet du retrait lorsque la soudure est refroidie. La valeur de ces contre-flèches, variables avec le type du profil, est laissée à l'appréciation de l'entrepreneur. L'attention de ce dernier est attirée tout spécialement sur la nécessité d'obtenir des profilés rigoureusement alignés dans leurs faces essentielles définies ci-dessus. En courbe, le maintien de la régularité de la courbure, sera réalisé par tout dispositif approprié (tirant ou presse spéciale).

ARTICLE II-4 - Moules

Sauf exception dûment motivée, l'entrepreneur utilisera des moules préfabriqués.

Ces moules devront être conçus pour permettre la soudure des profilés soit à leur place définitive dans la voie, soit hors de la voie.

Si nécessaire, il sera utilisé plusieurs types de moules, pour les soudures correspondant aux mêmes profilés, suivant l'emplacement de réalisation de la soudure.

Les bourrelets de soudure à ménager sont définis par le dessin TV 99. Leurs dimensions devront être limitées à 32 mm pour la largeur et 16 mm pour l'épaisseur. Toutefois, sous le patin des rails de roulement et sous l'aile inférieure de la piste métallique, la saillie du bourrelet devra être inférieure à 5 mm.

Après finition, il ne devra y avoir aucun bossage aux emplacements ci-après :

...

- sur les faces horizontales et verticales du champignon pour les rails.
- sur les faces extérieures de la cornière pour les barres de guidage.
- sur l'aile supérieure de la piste métallique.

ARTICLE II-5 - Pose des moules

Les moules seront centrés très exactement par rapport à l'ouverture du joint.

Un colmatage soigné entre moule et profilé sera réalisé pour assurer l'étanchéité.

ARTICLE II-6 - Préchauffage

Les soudures devront être exécutées obligatoirement avec préchauffage pour éviter tout risque de trempe.

Cette opération a pour but de porter la température des extrémités de profilés à 900° centigrades environ et aussi d'étuver les moules frais.

L'obtention de cette température est vérifiée par constatation de la coloration de l'acier : rouge cerise clair réparti régulièrement sur toute la surface des abouts.

La combustion est réglée de façon à obtenir une flamme réductrice afin d'éviter toute oxydation et les deux abouts sont chauffés d'une façon identique. Toute dégradation du moule doit être évitée ; on éliminera les particules de sable désagrégé. Le préchauffage permettra de vérifier la qualité du colmatage d'étanchéité : toute fuite de flamme conduira à une reprise de ce colmatage.

ARTICLE II-7 - Exécution de la soudure

La charge de soudure appropriée en quantité et qualité aux profils à souder est contenue dans un sac imperméable, étiqueté, à fermeture étanche.

...

Le sac doit être en bon état de conservation. L'étiquette porte les indications nécessaires pour identifier la destination de la charge (rail 80 lbs ou 100 lbs, barre de guidage, piste). Avec chaque charge sont livrés : le clou, le disque d'amiante, les sachets de magnésie et de produits d'addition.

a) Préparation du creuset

Avant emploi, le creuset doit être en parfait état de dessiccation.

Tout creuset neuf ou inutilisé depuis un certain temps, ou demeuré pendant la nuit à l'extérieur, sera séché avant emploi.

Le séchage est obtenu soit au moyen d'une "fausse coulée", soit plus économiquement, à l'aide du brûleur de préchauffage.

Après avoir procédé à la vérification du bon état de l'orifice du creuset, on l'obture par la mise en place :

- du clou de débouchage,
- du disque d'amiante,
- de la magnésie.

Le creuset est mis en position de coulée de manière que la hauteur de chute du jet de coulée soit aussi réduite que possible.

Avant son versement dans le creuset, la charge est homogénéisée par brassage.

b) La réaction :

Dès le préchauffage achevé, et après une dernière vérification de la bonne position du moule, la réaction est amorcée dans le creuset à l'aide d'une allumette pyrotechnique préalablement enflammée.

c) La coulée :

Dès le dernier bouillonnement de la réaction dans le creuset, le soudeur procède à la coulée en soulevant le clou, d'un coup sec, à l'aide de la pelle à balancer. Sur la fin de la coulée, l'excédent de corindon s'écoule dans une boîte spéciale garnie de sable sec.

Après la coulée, il ne doit se produire aucun bouillonnement dans le moule.

...

ARTICLE II-8 - Parachèvement de la soudure

Après la coulée, et lorsque la soudure est convenablement refroidie, on procède au démoulage et au tranchage (ou au découpage) des masselottes.

Les soudures sont ensuite soigneusement surfacées par meulage de façon à rétablir aussi parfaitement que possible la continuité de la section du champignon pour les rails, la planéité des surfaces extérieures pour la cornière, et la planéité de la surface de roulement pour les pistes.

Il ne sera pas toléré sur ces parties, une flèche de plus de 0,5 mm en saillie ou en creux mesurée avec une règle de 1,00 m.

La tolérance de 0,5 mm en saillie ou en creux ne sera pas exigée sur la face horizontale de la cornière qui sera planée avec le plus grand soin.

L'entrepreneur devra signaler avant soudure, les joints pour lesquels l'aile horizontale de la cornière ne peut être rigoureusement alignée.

S.T.C. se réserve d'apprécier chaque cas d'espèce.

III - RECEPTION DES SOUDURES

ARTICLE III-1 - Conditions de réception

La réception des soudures donnera lieu à deux sortes de contrôles :

- contrôle dans la voie des joints soudés,
- contrôle en laboratoire des charges de soudure.

Le contrôle dans la voie portera sur :

- la vérification de l'aspect des soudures,

...

- la vérification des tolérances géométriques de l'assemblage soudé

Le contrôle en laboratoire comprendra :

- des essais de choc,
- des essais de dureté.

ARTICLE III-2 - Vérification de l'aspect extérieur
des soudures dans la voie

Cette vérification devra porter sur toutes les soudures réalisées.

Après finition, la soudure ne doit laisser apparaître :

- aucun défaut ni porosité dans la zone de jonction du métal fondu et du métal initial du profilé,
- aucun défaut au raccord âme-champignon (rails) ou entre les ailes (cornières et pistes),
- aucune inclusion en profondeur de corindon, ou sable vitrifié sur le champignon des rails, l'aile verticale des cornières et la table de roulement des pistes,
- aucune crique, soufflure; trace de non accrochage ou d'oxydation, manque de métal pour quelque cause que ce soit, sur toute la surface du métal fondu,
- aucune déformation des bossages.

Le sable recouvrant les bourrelets sera enlevé dès la soudure refroidie de façon à permettre la vérification.

...

Tous les frais occasionnés par la pose de ce coupon sont à la charge de l'entrepreneur (coupes, manutentions, fourniture du coupon intercalaire, fourniture et soudure de goujons s'il s'agit de la barre de guidage, soudures aluminothermiques nouvelles, etc.)

Si la proportion de soudures d'aspect extérieur défectueux, mais ne donnant pas lieu à refus, dépasse 20 % du total, S.T.C. pourra augmenter d'un an le délai de garantie inscrit dans la présente spécification.

Il le notifiera, dans ce cas, par écrit, à l'entrepreneur.

ARTICLE III-5 - Contrôle en laboratoire - Proportion des essais

Les charges de soudure livrées sur le chantier sont constituées en lots de 200 unités.

Un joint analogue à celui réalisé dans les voies, est exécuté sur deux coupons de 0,75 m de longueur chacun, fournis par S.T.C.

Le joint est ensuite démoulé, nettoyé et parachevé dans des conditions identiques à celles précisées dans les articles précédents.

Son aspect est vérifié et ne doit présenter aucune des anomalies citées dans l'article III-2.

La soudure est soumise ensuite aux essais de choc et de dureté précisés ci-après, qui seront exécutés dans un laboratoire agréé par S.T.C.

Les coupons d'essai ainsi que les charges de soudure correspondantes seront repérés par une marque spéciale.

Les coupons accompagneront les charges sur le chantier dans le cas où les essais auraient eu lieu dans les laboratoires du fournisseur.

ARTICLE III-6 - Essai de choc

Ces essais sont effectués au moyen d'un mouton de 300 kilogrammes guidé, qui présente un rayon de courbure de 100 mm environ dans sa partie de percussion.

Les coupons à essayer sont posés sur deux appuis arrondis distants de 0,500 m d'axe en axe et présentant chacun un rayon de courbure de 100 mm environ.

Les rails sont placés de façon que le mouton frappe le champignon.

...

Les barres de guidage sont placées de façon que le mouton frappe l'aile de 150 mm disposée horizontalement, l'aile de 100 mm étant verticale et en dessous (les appuis devront être aménagés pour permettre cette disposition).

Les pistes sont placées de façon que le mouton frappe la surface de roulement.

La hauteur de chute initiale du mouton est de 0,50 m et croît de 0,50 m après chaque choc jusqu'à ce qu'elle atteigne 4 m. A partir de cette hauteur, elle croît de 1,00 m après chaque choc.

La hauteur minimale de rupture admissible devra être de 3,00 m pour les rails, la cornière et la piste.

Si la rupture se produit entre 2 m et 3 m, le délai de garantie, majoré éventuellement dans les conditions stipulées à l'article III-4, est augmenté de un an pour le lot de soudures correspondant.

Ce lot n'est en outre payé qu'à 95 % de la valeur portée dans le marché.

Si la rupture se produit en dessous de 2 m le lot entier des charges est refusé.

ARTICLE III-7 - Essai de dureté Brinell

L'essai est effectué sur la surface de roulement des coupons pour les rails et les pistes, et sur la partie extérieure de l'aile la plus large pour la cornière par le procédé Brinell (bille de 10 mm - charge de 3 000 kilogrammes pendant 15 secondes).

Pour chaque soudure, 5 billages seront faits aux points suivants :

- un billage dans l'axe de la soudure,
- deux billages de part et d'autre de l'axe de la soudure à 10 mm de cet axe,
- deux billages de part et d'autre de l'axe de la soudure à 200 mm de cet axe.

Les nombres obtenus dans les 3 premiers essais (axe de la soudure et 100 mm de cet axe) ne doivent pas différer de plus de 15 points Brinell de ceux obtenus dans les deux derniers billages (200 mm de l'axe de la soudure).

...

ARTICLE III-8 - Essais complémentaires

Dans le cas où les résultats ne seraient pas conformes à ceux ci-dessus exigés, il pourra être effectué, si l'entrepreneur en fait la demande, un essai complémentaire de choc et de dureté.

Si le nouvel essai donne des résultats satisfaisants, le lot sera accepté. Il sera rebuté dans le cas contraire.

De son côté, S.T.C. pourra prescrire tout essai complémentaire qu'il jugerait utile pour s'assurer de la bonne qualité du travail exécuté.

IV - DISPOSITIONS DIVERSES

ARTICLE IV-1 - Transport et stockage des matières nécessaires à l'exécution des soudures

Le transport et le stockage des matières nécessaires à l'exécution des soudures seront effectués sous la responsabilité de l'entrepreneur qui prendra toutes mesures de sécurité utiles et se conformera aux réglementations en vigueur concernant les matières dangereuses. Cette observation vise notamment l'utilisation de l'essence et du propane.

ARTICLE IV-2 - Frais d'essai

Tous les frais occasionnés par les essais sont à la charge de l'entrepreneur.

ARTICLE IV-3 - Délai de garantie

Les soudures sont garanties un an à dater de leur mise en service effective dans la voie, c'est-à-dire à dater du jour de l'exploitation en service régulier du tronçon de ligne sur lequel elles sont réalisées.

Toutefois, le délai total de garantie ne pourra dépasser le 31 décembre de la troisième année qui suit l'exécution de chaque groupe de soudures.

Ces deux délais peuvent être augmentés l'un et l'autre des délais complémentaires prévus dans les articles III-4 et III-6 pour soudures ou essais défectueux.

Pendant le délai de garantie, l'entrepreneur devra le remboursement des frais occasionnés par la réparation d'une soudure cassée conformément aux indications portées dans l'article III-4.

P.J. : dessin T.V. 97 - rail de 80 lbs ASCE

" T.V. 98 - rail de 100 lbs REE

" T.V. 33 - barre de guidage

" T.V. 28 - piste métallique

" T.V. 99 - section des soudures et tolérances géométriques