

Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit

REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 1 / 6



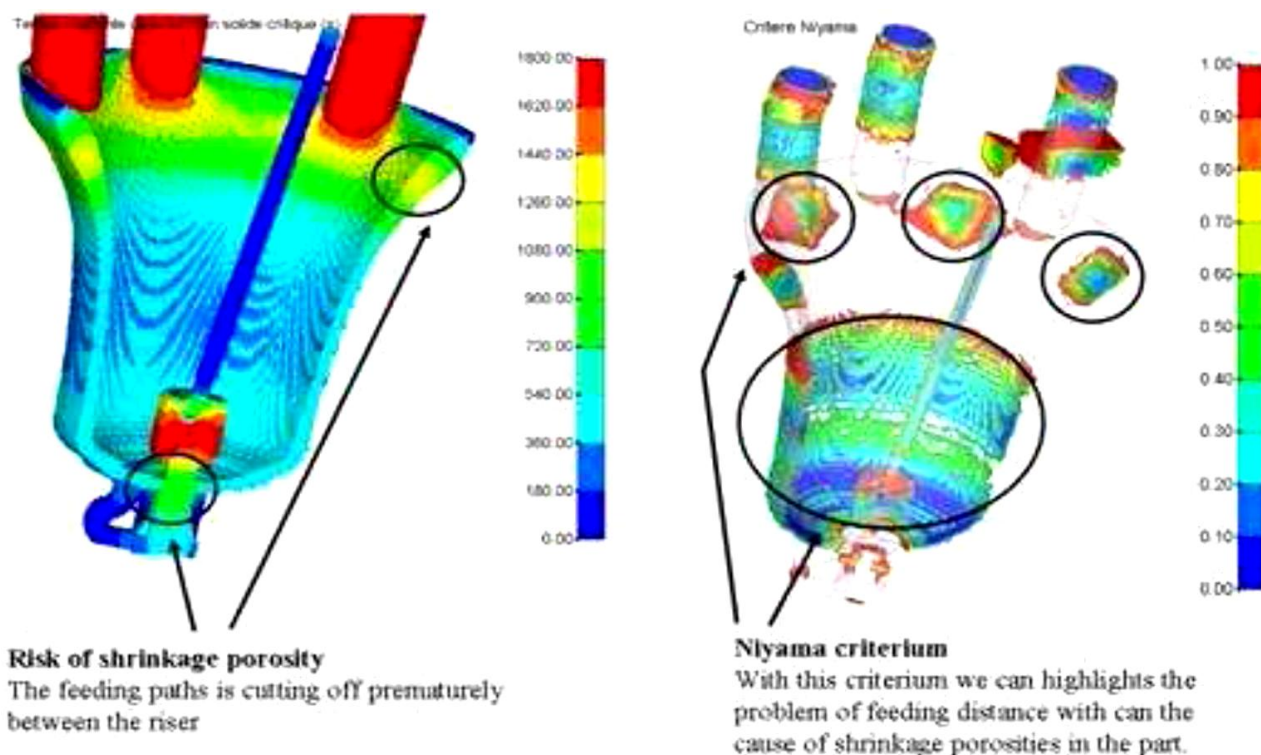
1- Particularité de l'airain, bronze de cloche :

Le bronze de cloche ou airain est le plus souvent composé de 78% de cuivre et 22% d'étain. Ce bronze particulièrement riche en étain a des propriétés sonores exceptionnelles ce qui justifie son utilisation depuis plusieurs siècles pour la manufacture des airains. Cet alliage très dur, donc très cassant n'a quasiment aucun allongement ce qui en rend le soudage impossible à froid.

Il existe des phases critiques dans la solidification du métal coulé, notamment une phase de transformation cristalline à l'état solide. Lors de cette transformation, l'alliage se structure en 2 phases cristallines, la phase Alpha et la phase Delta'. La répartition de ces 2 structures donne des caractéristiques mécaniques particulières.

La maîtrise des modulations thermiques permettant de retrouver cette phase de cristallisation au moment de la soudure est la clé pour une soudure pérenne sans criques.

Extrait étude de solidification CTIF/Cornille Havard 2010



Le contenu de ce document est la propriété de la société LUSSAULT. Il ne peut-être communiqué ou reproduit sans son autorisation



SIÈGE SOCIAL ROUTE DE GAUBRETIÈRE - 85130 TIFFAUGES - FRANCE - TÉL. +33(0)2 51 65 75 75 - FAX +33(0)2 51 65 71 90
AGENCE SUD-OUEST ZAC DES PYRÉNÉES - 6 RUE DU TROUMOUSSE - 65420 IBOS - FRANCE - TÉL. +33(0)5 62 38 00 62 - FAX +33(0)5 62 38 03 18
AGENCE SUD-EST ZAC DE FREJORGUES EST - RUE DU RAJOL - 34130 MAUGUIO - FRANCE - TÉL. +33(0)4 67 95 32 95 - FAX +33(0)4 67 95 40 00

info@lussault.fr / www.lussault.fr
LUSSAULT SAS / CAPITAL : 251 540 € / APE : 2562B / TVA INTRACOM : FR 91 432 645 505 / SIRET : 432 645 505 00012



Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit

REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 2 / 6



2- Principe du soudage :

L'appellation de **soudage** s'applique dès lors que deux pièces sont réunies de façon à ce que la continuité de la matière entre les deux éléments soit telle qu'au niveau atomique ces deux pièces n'en forment qu'une seule.

Pour cela, le soudage requiert une dilution du métal d'apport dans les matériaux à souder celui-ci est identique à celui des pièces à souder.

3- Soudage par procédé TIG

La soudure TIG est un procédé de soudage à l'arc avec une électrode non fusible, avec métal d'apport, ici de l'airain Cu78/22Sn. TIG est un acronyme de Tungsten Inert Gas, où Tungsten (Tungstène) désigne l'électrode et Inert Gas (Gaz inerte) le type de gaz plasmagène utilisé. L'arc se crée entre l'électrode et la pièce à souder qui est protégée par un gaz ou d'un mélange de gaz rares tels que l'argon et l'hélium.

Le soudage s'effectue toujours en polarité directe (pôle - du générateur relié à l'électrode) pour les alliages cuivreux. On ne peut pas souder en polarité inverse (pôle + relié à l'électrode) car cela détruirait cette électrode en la faisant fondre.



Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit

REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 3 / 6



4- Mode opératoire :

4.1 Expertise de la cloche en atelier par ressuage des surfaces afin de s'assurer qu'il n'existe pas de dommages cachés de type micro fissures ou corps étrangers pouvant compliquer ou compromettre la restauration.

4.2 Dégagement du métal écroui autour des parties à restaurer.



4.3 Mise en température progressive pour atteindre la température de soudage, suivant deux process.

- Montée dans une étuve ce qui permet d'avoir une température parfaitement homogène. Le choix de cette technique dépend de la taille de la cloche et de l'endroit de réalisation du soudage.

- Pour les plus importantes cloches ou des soudures particulières, on peut aussi isoler la cloche avec de la laine de roche et chauffer l'ensemble,

4.4 Réalisation des pièces à souder si manquantes (Anses ou couronnes complètes, pièces de bord, pièce avec ornement si particuliers.

4.5 Soudage TIG en rechargement ou soudage des pièces à rapporter.

Les pièces sont remises en chauffe à plusieurs reprises pour les maintenir à une température située au-delà des phases de transformation cristallines.

Le métal d'apport est réalisé en interne en Cu78/22Sn. Sur certaines cloches historiques dont on maîtrise l'analyse métallographique, on peut utiliser une baguette de soudage aux caractéristiques particulières.



Le contenu de ce document est la propriété de la société LUSSAULT. Il ne peut-être communiqué ou reproduit sans son autorisation



SIÈGE SOCIAL ROUTE DE GAUBRETIÈRE - 85130 TIFFAUGES - FRANCE - TÉL. +33(0)2 51 65 75 75 - FAX +33(0)2 51 65 71 90

AGENCE SUD-OUEST ZAC DES PYRÉNÉES - 6 RUE DU TROUMOUSSE - 65420 IBOS - FRANCE - TÉL. +33(0)5 62 38 00 62 - FAX +33(0)5 62 38 03 18

AGENCE SUD-EST ZAC DE FREJORGUES EST - RUE DU RAJOL - 34130 MAUGUIO - FRANCE - TÉL. +33(0)4 67 95 32 93 - FAX +33(0)4 67 95 40 00

info@lussault.fr / www.lussault.fr

LUSSAULT SAS / CAPITAL : 251 540 € / APE : 2562B / TVA INTRACOM : FR 91 432 645 505 / SIRET : 432 645 505 00012



Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit



REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 4 / 6

4.6 Recuit des pièces soudées pour réduction des tensions internes de façon à rendre à la cloche sa solidité.

Refroidissement progressif pour recréer les dernières phases de cristallisation que l'on observe dans le refroidissement du métal coulé.

4.7 Meulage des parties soudées.

4.8 Sur demande lorsque la jonction du soudage se situe au milieu des ornements, on peut ciseler la matière pour reconstituer les ornements détruits par l'opération de soudage.

4.9 Hydro gommage et patine brun léger pour homogénéiser la couleur de la cloche et mettre en valeur les décors et ornements.



Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit

REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 5 / 6



5- Recharge de fêlure dans la jupe de la cloche

Constats :

- La fêlure part en général et de la couronne, ou du point de frappe.
- Si la cloche est fêlée, le son est étouffé, il n'y a plus de résonance (durée du son) ou il y a modification du son de la cloche (fêlure au cerveau).

Origine :

Fêlure partant du point de frappe : Le battant frappe la cloche aux mêmes endroits pendant toute la durée de vie de la cloche. Le battant en acier doux va donc user mécaniquement la cloche.

Si le battant est trop dur ou mal dimensionné en poids ou en longueur, il peut même accélérer l'usure des points de frappe

Fêlure partant du cerveau : Autrefois, quand les fondeurs ne savaient pas percer le bronze, la bélière (anneau recevant le battant de la cloche) était en fer et insérée dans le bronze pendant la coulée.

Les cloches présentant des couronnes poreuses notamment les cloches du XIXème permettent une oxydation traversante de cette bélière et donc sa corrosion. La rouille ayant 7 fois le volume du fer, cela entraîne un éclatement de l'anse maîtresse et éventuellement une fêlure de la cloche au départ de l'anse central.

Risques :

Une fêlure constitue une amorce de rupture, non traitée elle peut entraîner la rupture totale et la chute de la cloche avec des dommages potentiels pour le bâti et pour les usagers.



Solution :

La recharge des points de frappe permet de retarder la fêlure en reconstituant l'épaisseur d'origine de la cloche au point de frappe.

Le remplacement de la bélière permet de supprimer les risques d'éclatement de la couronne.

Ces traitements viennent en complément de la recharge de la fêlure elle-même.

Le contenu de ce document est la propriété de la société LUSSAULT. Il ne peut-être communiqué ou reproduit sans son autorisation



SIÈGE SOCIAL ROUTE DE GAUBRETIÈRE - 85130 TIFFAUGES - FRANCE - TÉL. +33(0)2 51 65 75 75 - FAX +33(0)2 51 65 71 90

AGENCE SUD-OUEST ZAC DES PYRÉNÉES - 6 RUE DU TROUMOUSSE - 65420 IBOS - FRANCE - TÉL. +33(0)5 62 38 00 62 - FAX +33(0)5 62 38 03 18

AGENCE SUD-EST ZAC DE FREJORGUES EST - RUE DU RAJOL - 34130 MAUGUIO - FRANCE - TÉL. +33(0)4 67 95 32 93 - FAX +33(0)4 67 95 40 00

info@lussault.fr / www.lussault.fr

LUSSAULT SAS / CAPITAL : 251 540 € / APE : 2562B / TVA INTRACOM : FR 91 432 645 505 / SIRET : 432 645 505 00012



Restauration de cloches anciennes par soudure

Fiche produit

REF : CLO-DOC-40

REVISION : A

PAGE 6 / 6



6- Eclatement du noyau central.

Constats :

- L'anse maîtresse est fissurée ou éclatée.
- Une fêlure part de l'anse maîtresse jusqu'à la jupe de la cloche. Si la cloche est fêlée, le son est étouffé, il n'y a plus de résonance (durée du son) ou il y a modification du son de la cloche (fêlure au cerveau).

Origine :

Autrefois, quand les fondeurs ne savaient pas percer le bronze, la bélière (anneau recevant le battant de la cloche) était en fer et insérée dans le bronze pendant la coulée.

Les cloches présentant des couronnes poreuses notamment les cloches du XIXème permettent une oxydation traversante de cette bélière et donc sa corrosion. La rouille ayant 7 fois le volume du fer, cela entraîne un éclatement de l'anse maîtresse et éventuellement une fêlure de la cloche au départ de l'anse central.

Risques :

L'oxydation de la bélière continue lentement mais sûrement jusqu'à provoquer un éclatement complet du cerveau de la cloche.

La sécurité de la suspension notamment lors de la sonnerie en volée devient incertaine, la couronne cassant en général brutalement pendant sa mise en volée.



Solution :

La solution est fonction de l'avancement de l'oxydation de la bélière.

- Si elle est faiblement oxydée, on dégage la partie oxydée, on traite la bélière et on rebouche par soudage bronze, protégeant ainsi la bélière de toute oxydation future
- Si elle est faiblement oxydée ou usée, on supprime complètement la bélière et on la remplace par une nouvelle bélière en inox.
- Ce traitement peut également être proposé en cas d'usure importante ou de rupture de la bélière d'origine

Le contenu de ce document est la propriété de la société LUSSAULT. Il ne peut-être communiqué ou reproduit sans son autorisation



SIÈGE SOCIAL ROUTE DE GAUBRETIÈRE - 85130 TIFFAUGES - FRANCE - TÉL. +33(0)2 51 65 75 75 - FAX +33(0)2 51 65 71 90

AGENCE SUD-OUEST ZAC DES PYRÉNÉES - 6 RUE DU TROUMOUSSE - 65420 IBOS - FRANCE - TÉL. +33(0)5 62 38 00 62 - FAX +33(0)5 62 38 03 18

AGENCE SUD-EST ZAC DE FREJORGUES EST - RUE DU RAJOL - 34130 MAUGUIO - FRANCE - TÉL. +33(0)4 67 95 32 93 - FAX +33(0)4 67 95 40 00

info@lussault.fr / www.lussault.fr

LUSSAULT SAS / CAPITAL : 251 540 € / APE : 2562B / TVA INTRACOM : FR 91 432 645 505 / SIRET : 432 645 505 00012

