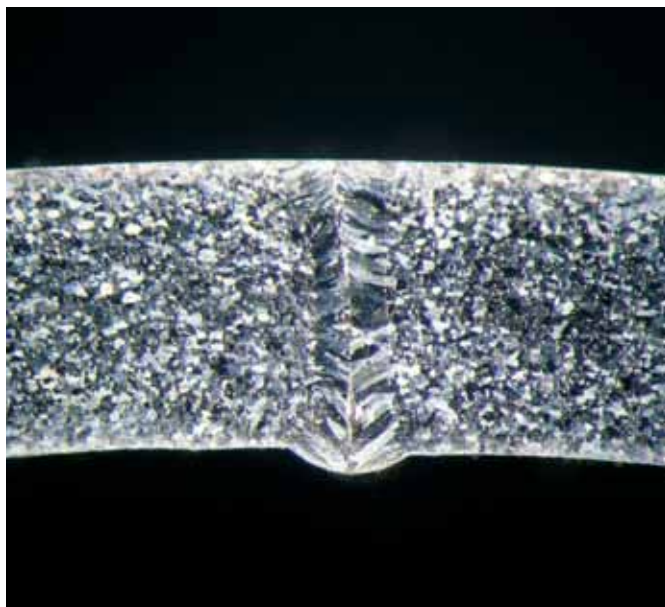


## Acier chromé ferritique, 1.4521 – Nouveau matériau pour les tuyaux en acier spécial dans l'installation d'eau potable

La ferrite dépourvue de nickel offre la même résistance à la corrosion que le matériau revêtu de nickel 1.4404 – à des prix stables

Sven Pitzer, directeur technique



Texte de l'ill. 1: Photo macro, soudure au laser étroite 1.4521 dans l'aperçu



Texte de l'ill. 2: Photo micro, soudure au laser étroite 1.4521 en coupe transversale

L'extension de la gamme de matériaux austénitiques destinés à la fabrication de tuyaux en acier inoxydables pour les installations domestiques d'eau potable à l'acier chromé ferritique est une véritable innovation dans le secteur de l'acier spécial. Comme pour toutes les nouveautés, il y a bien sûr des critiques qui discréditent le nouveau matériau. A la place, il faudrait entreprendre d'essayer de donner les premières réponses aux questions courantes sur le marché sanitaire et d'expliquer plus précisément les propriétés des aciers chromés ferritiques.

**A**vant d'examiner les avis et affirmations du marché, il faut remarquer que l'Association allemande du secteur technique de l'eau et du gaz (DVGW) a testé la nouvelle alternative ferritique et l'a déclaré admissible sur la base d'une décision de l'ajouter en complément à l'ensemble des règles. Certains fabricants ont ultérieurement terminés leurs premiers essais avec succès. A juste titre, les produits admis par le DVGW sont considérés comme sûrs et utilisables sans appréhension dans le cadre du champ d'application prévu. De ce seul point de vue, le consommateur

peut avoir confiance dans le nouveau matériau qu'est l'acier chromé ferritique 1.4521 pour le marché sanitaire et il peut être employé sans risque comme tuyau d'amenée d'eau potable. Les informations suivantes se réfèrent aux matériaux 1.4401/1.4404 et 1.4521 dans le segment des tuyaux en acier inoxydables à paroi mince pour installation domestique d'eau potable, soudés automatiquement sans adjonction de matériau supplémentaire d'après la procédure à tungstène et à gaz inerte (TIG) ou au laser. L'essentiel est l'examen pratique des points communs et des différences.

## DANS QUELLE MESURE LE 1.4521 EST-IL NOVATEUR?

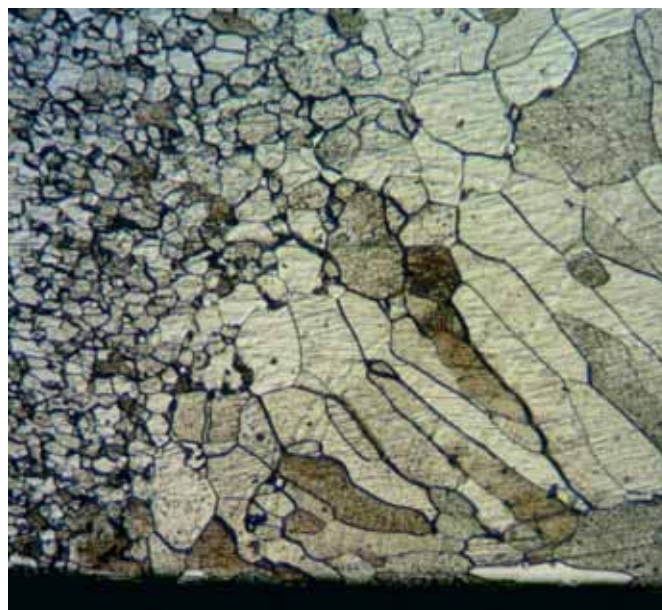
La diffusion des aciers chromés inoxydables ferritiques est généralement plus récente que les qualités austénitiques, mais les connaissances techniques sont disponibles depuis en gros une durée identique et ont une bonne base technique. L'application ne devrait donc pas

comme les revêtements à chaud, les éléments de façade, les toits ou les systèmes d'échappement automobile, les exploitants d'échangeurs thermiques dans les centrales font confiance aux possibilités des aciers ferritiques. Dorénavant, l'installation d'eau potable domestique est également un champ d'application autorisé de ce nouveau matériau 1.4521.

autre chose, comme la magnétisabilité qui est produite en forme courte absolue par l'orientation des champs magnétiques dans les cristallites des matériaux ferromagnétiques par l'action d'un champ externe. La structure du treillis des aciers chromés inoxydables est cubique centré dans l'espace CCE. La différence entre CFC/CCE pro-



Texte III. 3: Macrophotographie, cordon de soudure TIG relativement large 1.4521 dans l'aperçu



Texte III. 4: photographie, passage matière à fondre / matériau de base soudure TIG avec grossissement du grain

être fortement brusquée, parce que le nickel comme élément d'alliage des matériaux austénitiques n'a, dans le passé, pas affecté considérablement la formation du prix. Par ailleurs, la production d'aciers chromés inoxydables pour l'industrie de fabrication et de transformation pose d'autres contraintes à la technique des installations et des procédés. Les qualités austénitiques sont souvent plus légères à manipuler, les fenêtres de tolérance de différents processus (par exemple la soudure) sont plus grandes. D'abord le renchérissement important du nickel, par rapport à la technique largement améliorée de l'élaboration et de la production, et les qualités ferritiques seraient intéressantes pour d'autres champs d'application. A côté des champs d'application connus et établis depuis des années

## UN ACIER FIN VÉRITABLE PEUT-IL ÊTRE UN MATÉRIAU MAGNÉTISABLE?

La question de la résistance à la corrosion n'est pas liée à la magnétisabilité. La différence réside ici dans les cristallites des deux alliages: L'austénite, et son grillage cubique à faces centrées CFC (comme en ont aussi l'aluminium, le cuivre, l'argent et l'or) est peu magnétisable. Chacun connaît la différence entre les propriétés de corrosion, par exemple entre l'aluminium et l'or, tous deux sont des matériaux non magnétisables. Le nickel pur qui a également un treillis cubique à faces centrées, est par contre ferromagnétique comme le fer. Cependant, l'excellente résistance à la corrosion du nickel pur n'est pas contestée. Donc, la résistance à la corrosion doit être attribuée à

voque du fait d'une structure différente et d'une série de surfaces de glissements, des différences dans les propriétés de déformations. Bien sûr, les aciers magnétisables peuvent ainsi être des "aciers fins véritables", ils font simplement partie d'un autre groupe.

## LA RÉSISTANCE À LA CORROSION EST-ELLE ÉQUIVALENTE?

Les résistances à la corrosion de 1,4521 et 1.4401 doivent être considérées comme équivalentes. 1,4521 est dans certains aspects (par exemple insensible à la corrosion sous contrainte) encore plus résistants que le connu 1.4401. Ces résultats proviennent de nos propres enquêtes électrochimiques comparées ainsi que des rapports accessibles au public. Il n'est guère surprenant, pensera-t-on, que les élé-

ments chrome (Cr) et molybdène (Mo) représentent dans les deux alliages les éléments décisifs par rapport à la résistance à la corrosion. Pour évaluer le comportement du matériau dans des efforts de corrosion, une formule a été développée, permettant de calculer un pitting resistance equivalent (PREN). Il correspond à la somme "PRE" (pitting resistance equivalence) présentée dans certaines publications et est une mesure de résistance théorique à la corrosion par perforation d'un matériau. Cette PRE se fonde sur la reconnaissance qu'il existe un rapport linéaire entre la hauteur de la teneur en chrome et en molybdène et la résistance à la corrosion par perforation. Il existe des variantes de calcul de la PRE, qui se trouvent dans le lien de la teneur en azote des matériaux hautement alliés austénitiques ou matériaux duplex. Pour 1.4521 et 1.4401, le calcul suivant est le plus souvent admis:  $W = \%Cr + 3,3x\%Mo$ . Si l'on établit la teneur minimale en chrome et en molybdène en fonction de la norme produit, dans le cas du 1.4521 le DVGW a augmenté les valeurs minimales à l'égard de la norme produit par sa décision réglementaire – il en résulte une valeur de 23,1 pour 1.4401 (Cr min 16,5 / Mo min. 2,0) et de 24,1 pour 1.4521 (Cr min. 17,5% / Mo min. 2,0%). Des modifications de 1.4401 ont également été proposées qui ont augmenté la teneur en molybdène à au moins 2,3%. Celles-ci sont dans le PRE exactement au même niveau que le 1.4521 modifié.

### DES ACCESSOIRES EN MATÉRIAU AUSTÉNITIQUE PEUVENT-ILS ÊTRE COMBINÉS À UN TUYAU EN 1.4521?

On a eu dans le marché l'affirmation que les différences dans la chaîne des forces électrochimiques entraînent des problèmes de corrosion. Ce risque n'existe pourtant pas. Ces matériaux sont dans un ordre

de grandeur similaire et peuvent, tout comme l'alliage entre laiton rouge / acier inoxydable, être associés directement. Dans la technique de soudure, les aciers ferritiques ainsi que les apports austénitiques sont admis et sans risques dans le soudage d'assemblage.

### LES PROCÉDÉS DE DÉSINFECTATION APPLIQUÉS JUSQU'ICI SONT-ILS ENCORE APPLICABLES?

Les procédés de désinfection de base et permanents appliqués avec le 1.4401 continuent à pouvoir être utilisés intégralement dans le cadre des méthodes à respecter (documents fabricants, documents de travail DVGW).

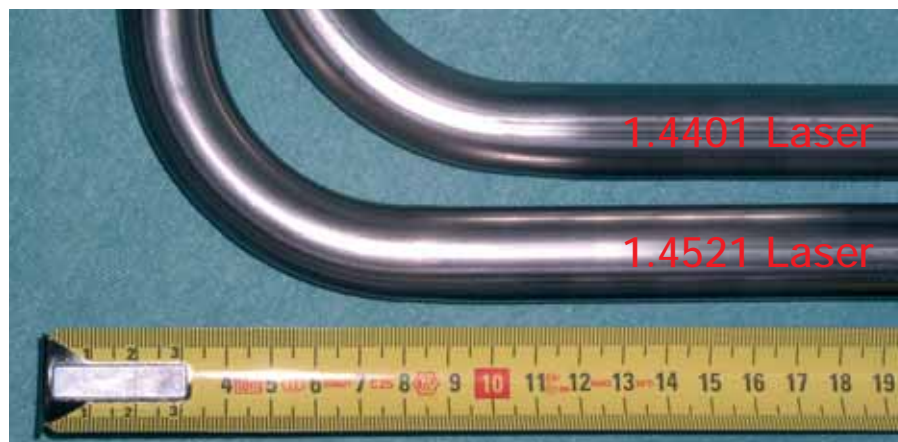
### LA RÉSISTANCE AUX CHocs THERMIQUES DE 1.4521 EST-ELLE SUFFISANTE?

La résistance aux chocs thermiques des aciers ferritiques est clairement suffisante pour le secteur du sanitaire. Il est vrai que les matériaux austénitiques sont supérieurs dans le domaine de température supérieur à 500 °C. Jusqu'à cette valeur, on peut parler d'équivalence.

### "1.4521 EST DIFFICILE À DÉFORMER ET A UN ALLONGEMENT À LA RUPTURE PLUS FAIBLE".

Les déclarations concernant l'aptitude à la déformation se fondent en général sur la limite d'allongement

augmentée (Rp0,2%), qui est d'après la normalisation (tuyaux soudés EN10296-2) à au moins 205 N/mm<sup>2</sup> pour 1.4401 et à au moins 280 N/mm<sup>2</sup> pour 1.4521. Il faut remarquer que pour les tuyaux en 1.4401 actuellement sur le marché par exemple, la largeur d'application de la limite d'allongement de 0,2% pour des dimensions de 15x1 mm, variait chez différents fabricants entre environ 270 et 450 N/mm<sup>2</sup>. Néanmoins, ces tuyaux ont été usinés sans difficulté. La valeur pratique de 1.4521 est entre environ 350 et 400 N/mm<sup>2</sup>, soit dans le cadre habituel pour le transformateur. La force à apporter théoriquement à l'introduction d'une déformation est ainsi supérieure pour les tuyaux en 1.4401 très bien traités par mise en solution, l'écroutissage n'augmente pas autant dans la déformation que pour le 1.4401. En tout cas, le cintrage à froid des tuyaux continue à être possible sans limitation, ill. 5. L'allongement à la rupture est pour le 1.4401, d'après la norme citées plus haut, d'au moins 40% et pour 1.4521 d'au moins 20%. Les valeurs pratiques du produit varient dans ce cas entre 50 et 60% pour 1.4401 et de 30 à 35% pour 1.4521. Ainsi, l'acier chromé est manifestement dépassé par 1.4401, la réserve d'allongement est totalement suffisante pour tous les traitements dans une installation domestique d'eau potable.



Texte ill. 5: Tuyau de dimensions 22x 1,2, coudé de r = 2,5 x d, résultat: 1.4521 sans différence par rapport à 1.4401.

### LA SOUDURE CACHE-T-ELLE LE RISQUE DE CORROSION INTERGRANULAIRE (CI) ET UNE BAISSSE DE TÉNACITÉ PAR GROS GRAINS?

Dans le cas de la corrosion intergranulaire, il n'y a aucun doute lors de l'utilisation du matériau 1.4521. Il est cependant vrai que la diffusion qui entraîne des précipitations, se manifeste bien plus rapidement dans les aciers chromés ferritiques que dans les matériaux austénitiques et le risque de CI est donc fondamentalement plus élevé. 1.4521 est cependant, dans la modification DVGW, stabilisée par le titane et le niobium. Ce qui veut dire que le carbone et l'azote, qui entraînent les précipitations du fait de l'influence de la chaleur (soudage), créent des liaisons stables et sûres. La double stabilisation avec le titane et le niobium a en outre l'avantage par rapport à une stabilisation pure avec du titane ou du niobium, d'éviter des précipitations carbonitrurées tout en accompagnant la tendance à la fissuration à chaud de la stabilisation pure au niobium. De plus, la quantité d'élément de stabilisation ajoutée est mise au-delà de la formule d'au moins  $4 \times (C+N) + 0,15\%$  jusqu'à 0,80% au maximum dans le rapport au carbone et à l'azote pour garantir une stabilisation suffisante. En outre, la teneur en carbone + azote (C + N) est limitée à un maximum de 0,040%. Ces mesures techniques d'alliage ont donné naissance à un matériau sûr, dont les doutes concernant la CI peuvent être levés clairement et sans conteste. La question de la formation de gros grains par effet de la chaleur dans le domaine du transfert de la soudure doit avoir une réponse différenciée. A la place, les fabricants de tuyaux sont encouragés à éviter les inconvénients du gros grains en sélectionnant une procédure de soudage adaptée et en limitant l'énergie linéaire produite. Comme procédure très sûre, on peut citer ici le soudage

par laser, qui ne produit que peu d'énergie linéaire et n'entraîne pas de gros grain dans le domaine du transfert. Ill. 1 et 2. Les propriétés mécaniques du matériau de base et la déformation également dans le domaine de la soudure restent préservés. La soudure classique à tungstène et à gaz inerte (TIG) a des inconvénients liés à son principe. Le bain de fusion est relativement gros, ce qui peut entraîner la formation de gros grain du fait de la plus grande énergie thermique dans le matériel de base environnant. Par des modifications du procédé TIG (par exemple le plasma TIG, courant de soudage pulsé, etc.) donnent des résultats utilisables. Il appartient en particulier au fabricant de proposer au client un produit contrôlé et traité correctement d'un point de

à l'austénite. 1.4521 (soudure TIG avec partie gros grain, voir ill. 4) se brise sans déformation à un élargissement d'environ 37% dans le domaine de transfert de la soudure parce que la structure de grains, créée par une énergie linéaire trop élevée pendant la soudure, a aggravé les propriétés de déformation

### CONCLUSION ET AVANTAGES DU 1.4521

Dans le domaine des installations domestiques d'eau potable, ce nouveau matériau n'a donc pas d'inconvénients dans son application par rapports aux matériaux antérieurs. Il faut encore signaler que les aciers chromés ferritiques ont une dilatation thermique plus faible, ce qui réduit les contraintes dans l'installation. 1.4521 a une résistance au fluage



Texte Ill. 6: Les essais d'évasement par comparaison, soudure laser sur 1.4401 et 1.4521 idéale, soudure TIG 1.4521 avec fissure par grossissement du grain.

vue technique. L'illustration 6 montre les différences reconnaissables dans un essai d'évasement classique sur les matériaux avec la configuration d'essai et le processus de soudage laser/TIG sélectionnés. 1.4401 (soudé par laser) atteint un élargissement de 31,5% avant que le tuyau ne se comprime et cesse de couler sur le cône d'élargissement. 1.4521 (soudé par laser) atteint du fait d'une faible tendance à la résistance un élargissement de 42,5% jusqu'à ce que le tuyau se comprime et est ici supérieur

élevée et est facile à usiner et à travailler, ce qui est important pour le coupage des tuyaux. Pour le cintrage, 1.4521 tend à avoir des déformations nettement plus faibles que 1.4401. Avec ce matériau, les fabricants ont développé une alternative vraiment intéressante dont les avantages techniques et économiques devraient être testés par chaque utilisateur.

**Auteur: Sven Pitzer**

Mandataire et directeur technique Esta Rohr, Siegen  
Images: Esta Rohr