

# Aciers inoxydables et eau potable

## **Anja König, ing. dipl. SFI / Daniela Grütter**

Responsable Formation

Association suisse pour la technique de soudage ASS, Bâle

## **René Mächler, dr sc. techn. EPF**

Responsable technique et assurance qualité

Hans Kohler AG Zürich

Membre du comité SWISS INOX

## **Eberhard Brune, ing. dipl. (TU) Métallurgie**

Responsable Vente Matériaux médicaux

Hempel Special Metals AG Dübendorf

Membre du comité SWISS INOX

# L'ASS en chiffres

Ch. d'aff. 2015 CHF 9.8 millions

Effectifs au 31.12.2015:

57 collaborateurs (50.2 EPT)

## Nos spécialisations:

- Sécurité au travail
- Formation
- Conseil
- Technique des matériaux
- Certification
- Service aux membres
- Secrétariat d'associations tierces



# Formation

Soudeur pour tous les  
modes de soudage par fusion  
des métaux



Soudeur  
Polyéthylène (PE)



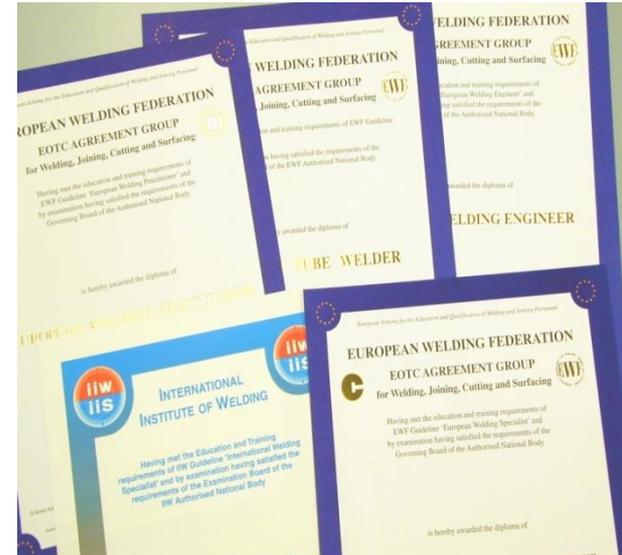
# Formation

Qualifications internationales  
de formation en soudage

IWE – IWT – IWS – IWP – IW

ainsi que

Inspecteur en soudage IWIP



Formation «essais non destructifs»  
(VT et RT)



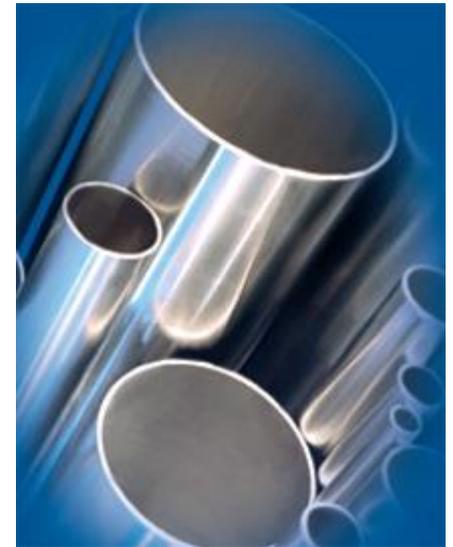
Formation continue: séminaires et cours d'entreprise

env. 800 participants par année

## Missions SWISS INOX

---

- Promotion des aciers inoxydables
- Informations:
  - Matériaux
  - Caractéristiques
  - Normes
  - Traitement
  - Recyclage
- **Aucun intérêt commercial prépondérant**



## Séminaires SWISS INOX: connaissances pratiques

---

- 15.03.2017**      **Séminaire de base avec visite d'aciérie**
- 26.03.2017**      **Aciers inoxydables pour la construction**
- 10.05.2017**      **Aciers inoxydables en pratique**
- 21.06.2017**      **Aciers inoxydables duplex**
- 18.10.2017**      **Aciers réfractaires**
- 22.11.2017**      **Essais et certification**



# Présentation

- Aciers inoxydables
- Formes de corrosion
- Surfaces et couches d'oxyde
- Incidences de la corrosion sur l'eau potable
- Soudage
- Formage
- Nettoyage

# Aciers inoxydables

- Structure austénitique: l'addition de nickel de 7 à 26 % Ni
- bloque la transformation de l'austénite en ferrite ou en perlite
- La trempabilité dépend de la transformation austénitique.
- Chrome (16 – 26 %) et molybdène (env. 2%): amélioration de la résistance à la corrosion

# Aciers inoxydables

- Basse limite d'élasticité  $R_{p0.2}$  (à augmenter sous azote)
- Résistance élevée à la traction  $R_m$
- Dureté élevée même à basses températures
- Excellente dureté à chaud
- Fort taux d'écrouissage
- Basse conductivité thermique
- Dilatation thermique élevée

Les aciers austénitiques sont non magnétiques en l'absence de ferrite ou de martensite induite par déformation.

# Aciers inoxydables

EN	ASTM	C	N	Cr	Ni
<b>1.4301</b>	304	max. 0.07	max. 0.11	17.5 – 19.5	8.0 – 10.5
<b>1.4307</b>	304L	max. 0.030	max. 0.11	17.5 – 19.5	8.0 – 10.5



# Aciers inoxydables

1.4301: numéro standard des aciers chrome-nickel austénitiques

- Résistance élevée à la corrosion
- Excellente usinabilité
- Aspect attrayant
- Rectifié, poli brillant ou brossé
- Nombreuses applications

Acier soudé: ne résiste pas à la corrosion intercristalline.

Soudage d'éléments de grandes dimensions sans recuit: utiliser le 1.4307.

# Aciers inoxydables

Version améliorée de  
l'acier 1.4301:

Acier 1.4307  
à teneur réduite en  
carbone



# Aciers inoxydables

EN	ASTM Typ	C	N	Cr	Ni	Mo	andere
1.4401	316	0.04	-	17.2	10.2	2.1	-
1.4404	316L	0.02	-	17.2	10.1	2.1	-
1.4406	316LN	0.02	0.14	17.2	10.3	2.1	-
1.4429	316LN	0.02	0.14	17.3	12.5	2.6	-
1.4432	316L	0.02	-	16.9	10.7	2.6	-
1.4435	316L	0.02	-	17.3	12.6	2.6	-
1.4571	316Ti	0.04	-	16.8	10.9	2.1	0.4 Ti

# X2CrNiMo17-12-2 - 1.4404

- L'acier 1.4404 a remplacé presque toutes les qualités stabilisées au titane de type 1.4571 en raison des progrès de la fabrication des aciers inoxydables, en particulier l'abaissement de la teneur en carbone à des concentrations très faibles.
- La résistance à la corrosion intercristalline est équivalente aux qualités stabilisées au titane et, étant donné l'absence de titane, le matériau n'est pas exposé à la corrosion dite ligne de tranchage.

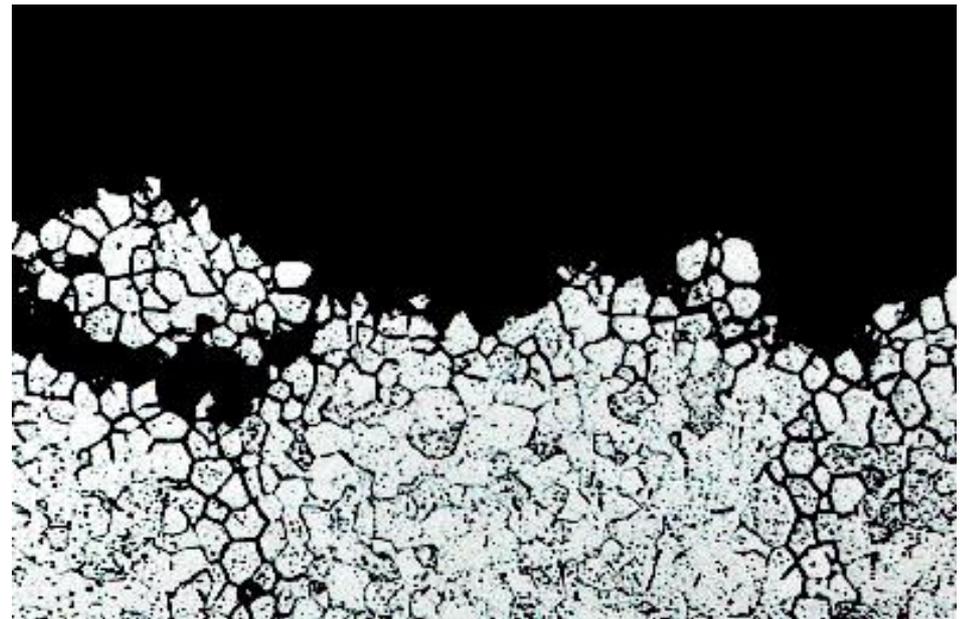
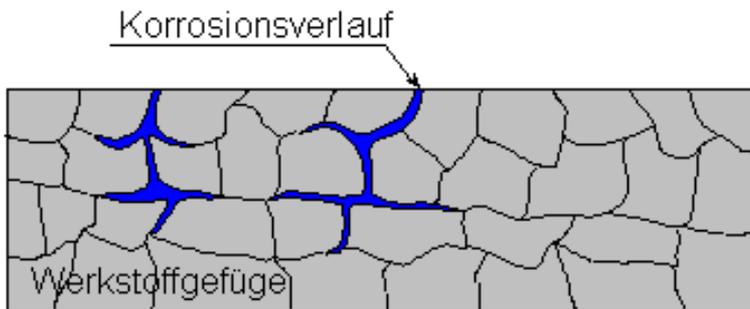
# X2CrNiMo17-12-2 - 1.4404

A la différence des qualités stabilisées au titane, l'acier 1.4404 a une surface améliorée et peut être poli aussi bien mécaniquement que par électrolyse.

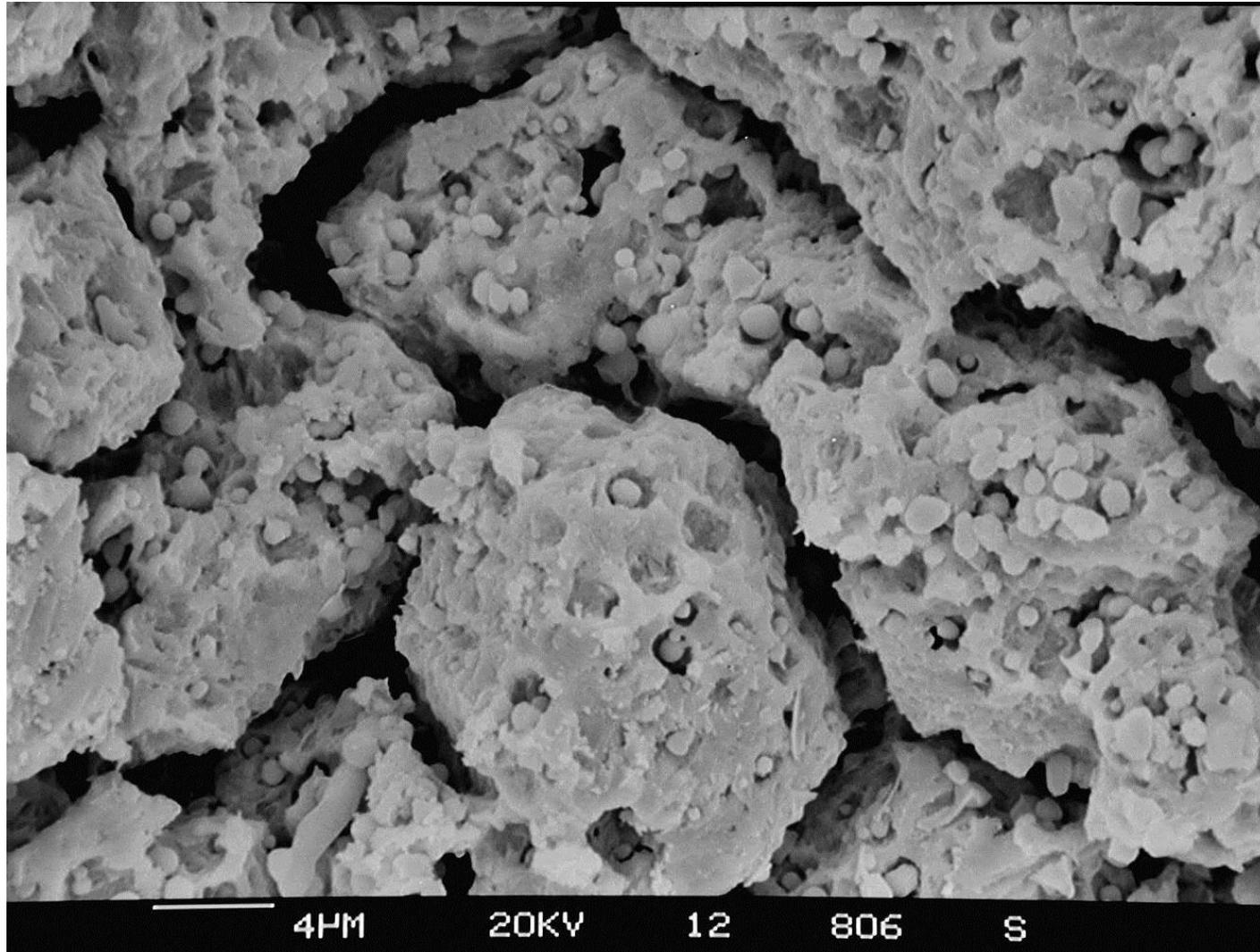
- Etant donné l'absence de titane et des précipités dérivés du titane, l'acier 1.4404 est nettement plus facile à usiner, ce qui se traduit par des vitesses d'usinage accélérées et une augmentation de la durée de vie des machines-outils.
- Résistance à la corrosion (PRE = 23,1 - 28,5)

# Corrosion intercrystalline

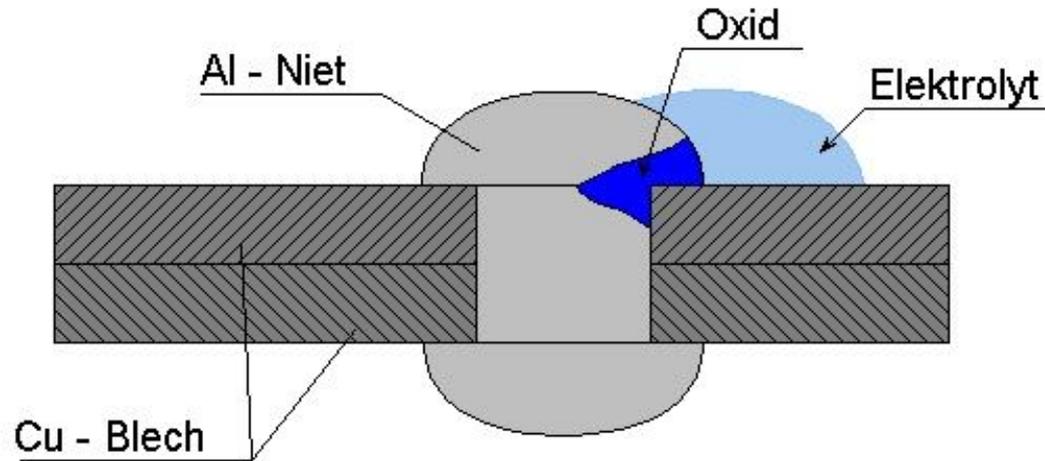
- Corrosion sélective à la limite des grains
- Invisible, donc dangereuse
- Formation de carbure de chrome, env. 70 %Cr,  $M_{23}C_6$
- Appauvrissement du chrome à la limite des grains
- Endroits propices aux attaques de corrosion
- Incidence majeure de la teneur en C et T



# Corrosion intercrystalline

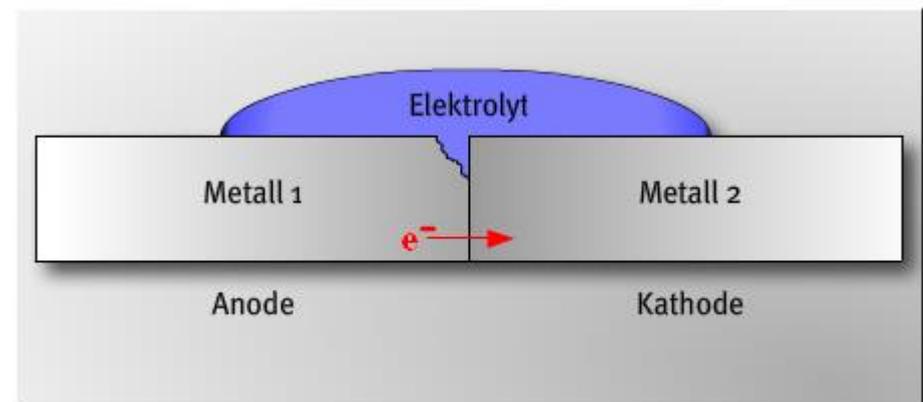


# Corrosion de contact



Niet=rivet

Corrosion des surfaces de contact entre différents métaux



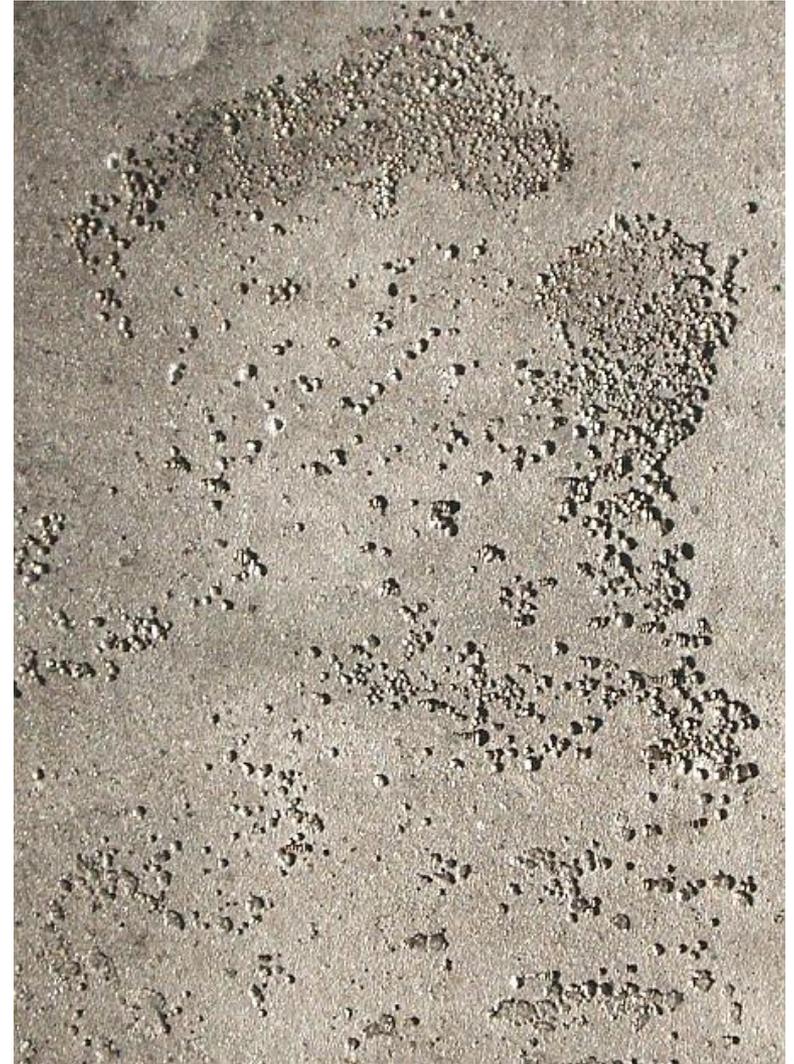
Principe de la corrosion bimétallique

# Corrosion de contact

- Contact entre métaux de potentiels différents (p. ex. acier - bronze)
- Condition: eau conductrice (ions)
- Formation d'une pile galvanique
- Le métal le moins noble se corrode



# Corrosion par piqûres

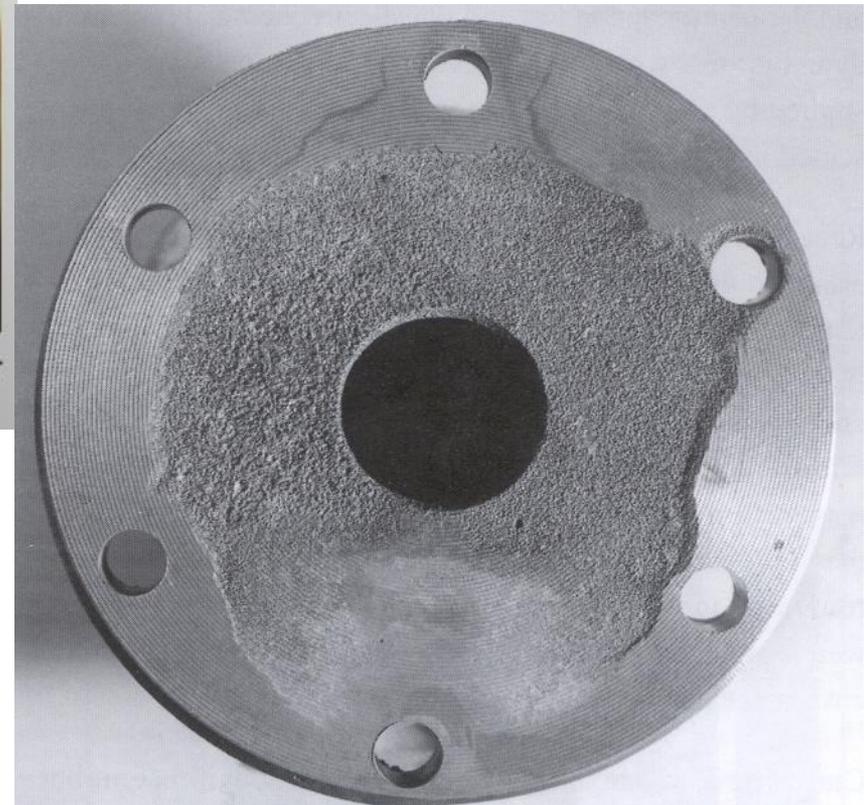


# Corrosion par fissures

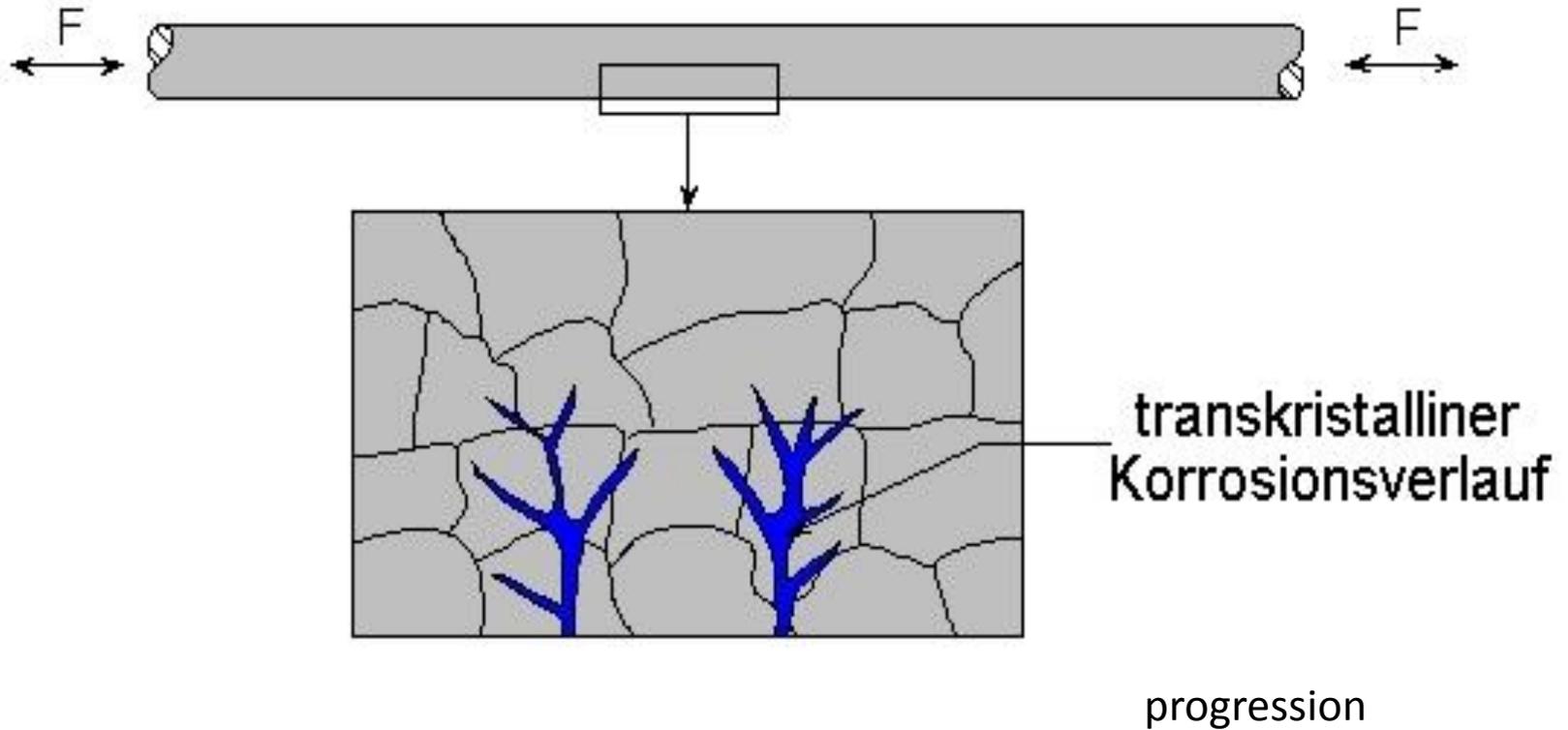


Korrosion an Heftschweißungen von Abstandshaltern in der Wasserkammer eines Spiralrohrwärmetauschers

Soudure de pointage  
Distanceur  
Échangeur thermique spiralé

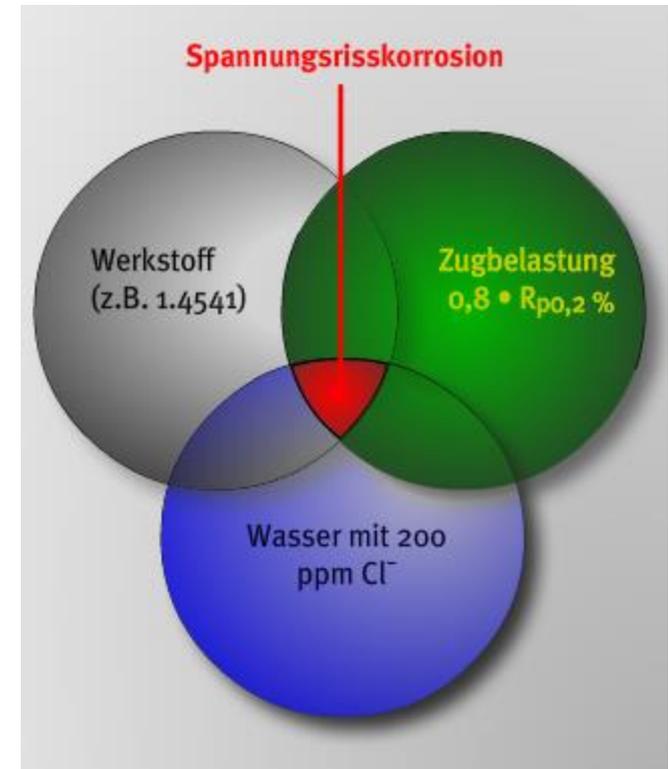


# Corrosion fissurante



# Corrosion fissurante

- Trois conditions doivent être réunies:
- Métal sensible, p. ex. aciers austénitiques Cr-Ni
- Contraintes de traction, voire contraintes internes
- Agent catalyseur, p. ex. chlorure en solution
- Souvent combinée à la corrosion par piqûres
- Fissures transcristallines ou intercristallines



# Facteurs incidents

## Côté eau

La probabilité de corrosion par piqûres et de corrosion fissurante augmente proportionnellement à la teneur en ions de chlorure.

Les teneurs limites admises en ions de chlorure dépendent des facteurs suivants:

- pH
- Température
- Conditions rhéiques
- Présence d'agents oxydants
- Nitrates ou sulfates

La probabilité de corrosion par piqûres est élevée pour les aciers inoxydables exempts de molybdène:

- Eau froide: teneur en ions de chlorure dépassant env. 200 mg/l
- Eau chaude: au-dessus de 50 mg/l

# Facteurs incidents

## Côté construction

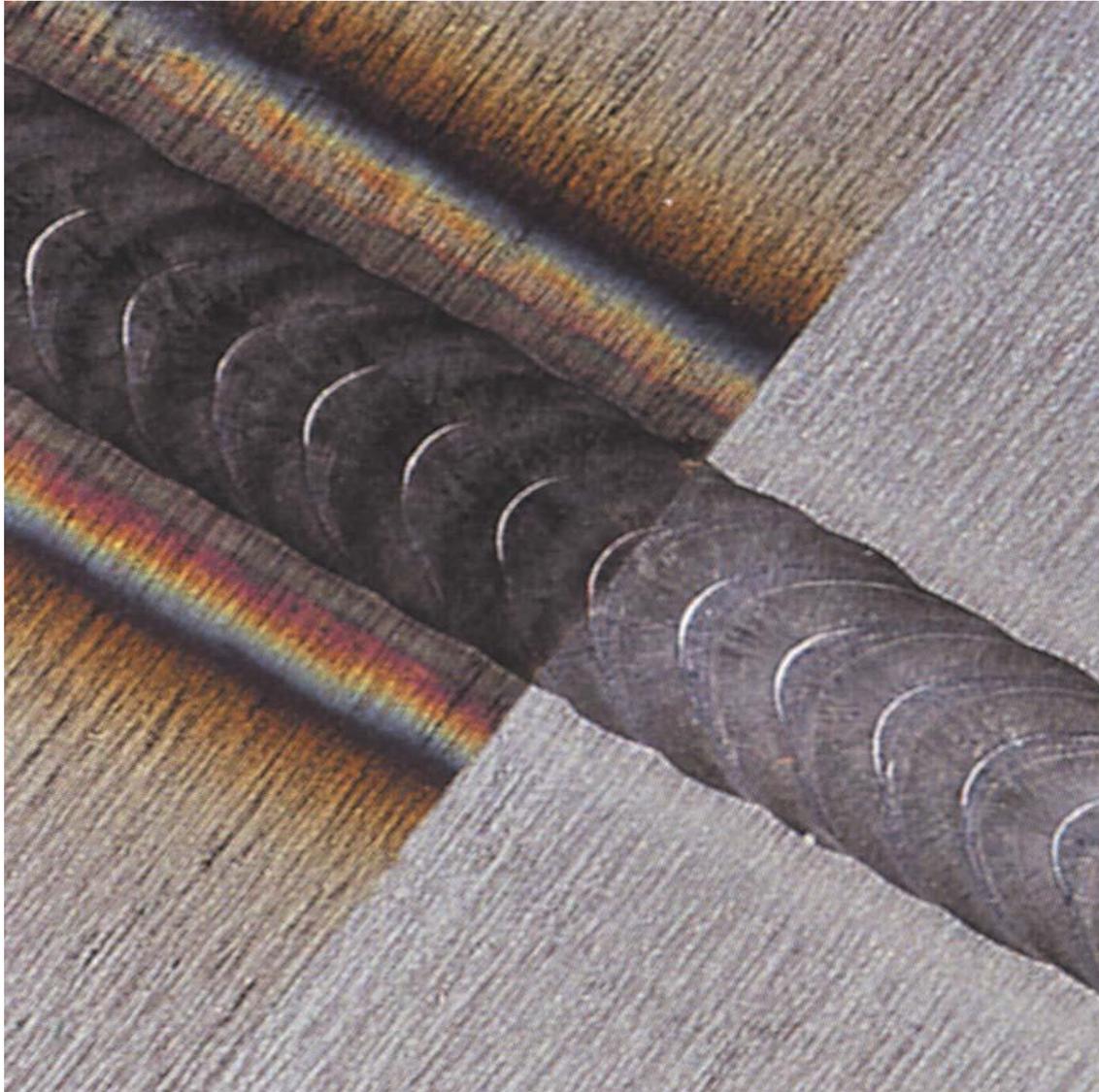
- Éviter les interstices
- Interstices supérieurs à 0,5 mm sans conséquence
- Interstices métal/métal moins graves que les interstices métal/matériaux synthétiques
- Choisir un matériau plus résistant si les interstices sont critiques
- Matériaux d'étanchéité: libération de chlorure faible ou inexistante
- Préserver les parties d'ouvrage de tout contact avec des matériaux contenant des chlorures
- Eviter l'incidence des gaz ou des vapeurs contenant des chlorures
- Isolants avec max. 0,05 % de ions de chlorure hydrosolubles
- Laine minérale: ions de chlorure hydrosolubles max. 6 mg/kg

# Facteurs incidents

## Côté installation

- Dégagement de chaleur inapproprié lors du soudage
- Fissures, pénétrations et pores dans le cordon de soudure
- Couleurs de revenu, calaminages, projections et scories
- Soudage à coeur insuffisant
- Couches d'oxyde et de calamine consécutives à l'utilisation d'un gaz de protection inadapté
- Eliminer les oxydes par décapage, ponçage ou grenailage à perles de verre
- Tensions internes induites par un ponçage grossier
- Eliminer soigneusement toute trace d'usure du métal et de rouille
- Nettoyage

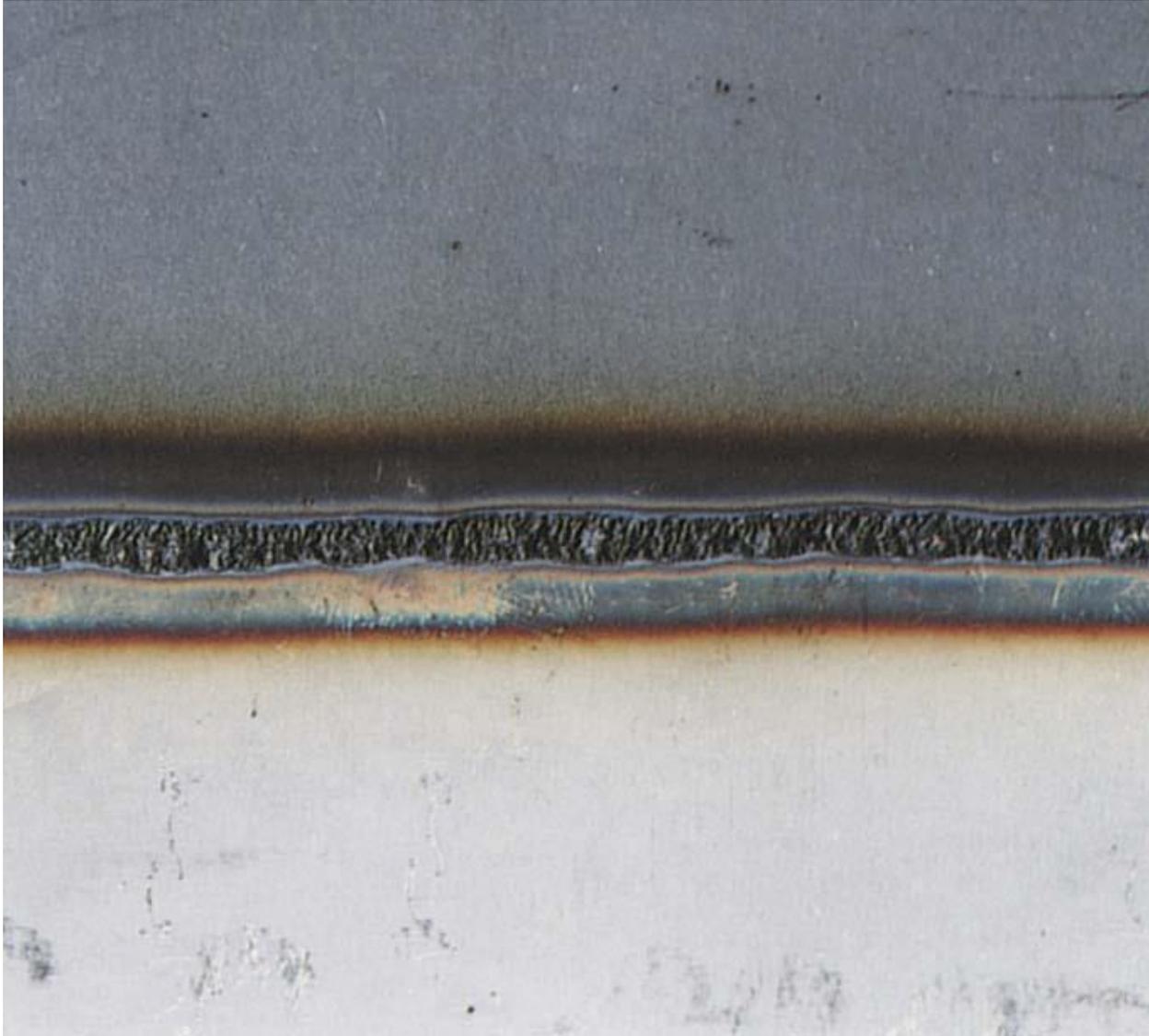
# Soudage par impulsions WIG



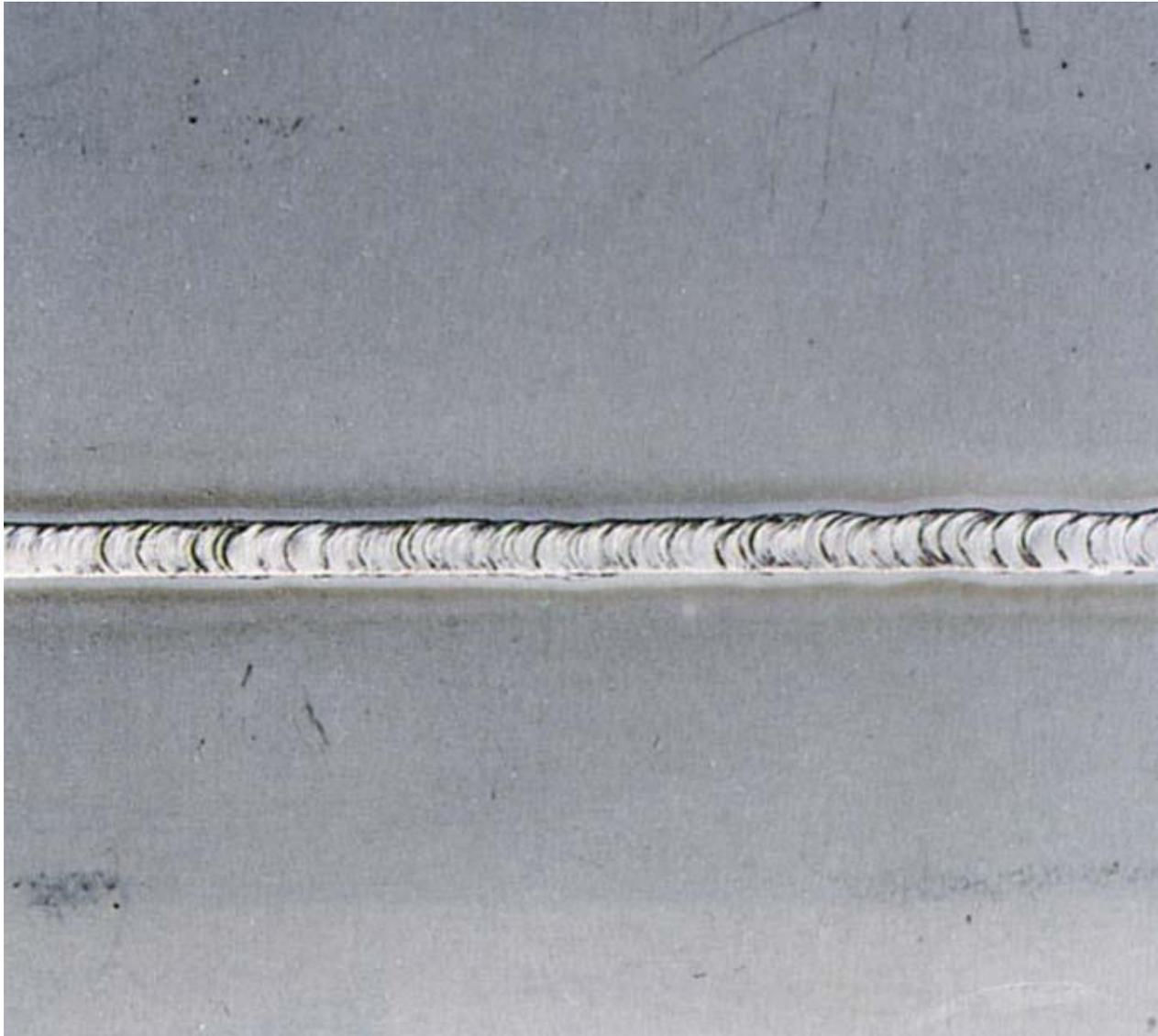
Directement après  
la soudure WIG

Après nettoyage  
électrochimique

# Soudage sans gaz de protection

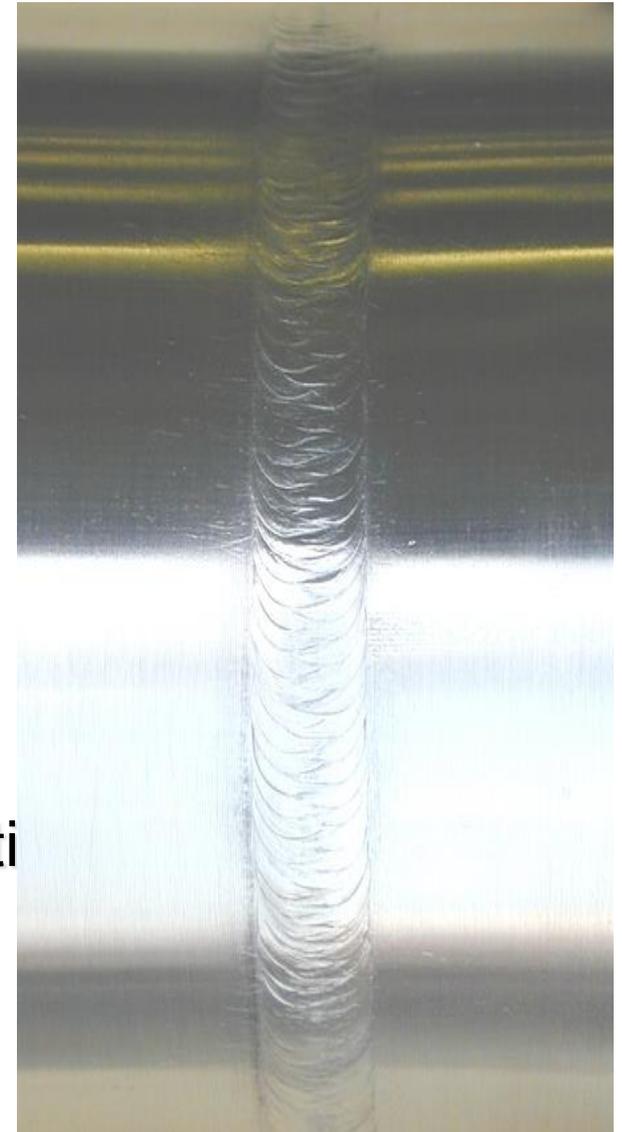


# Soudage sous gaz de protection



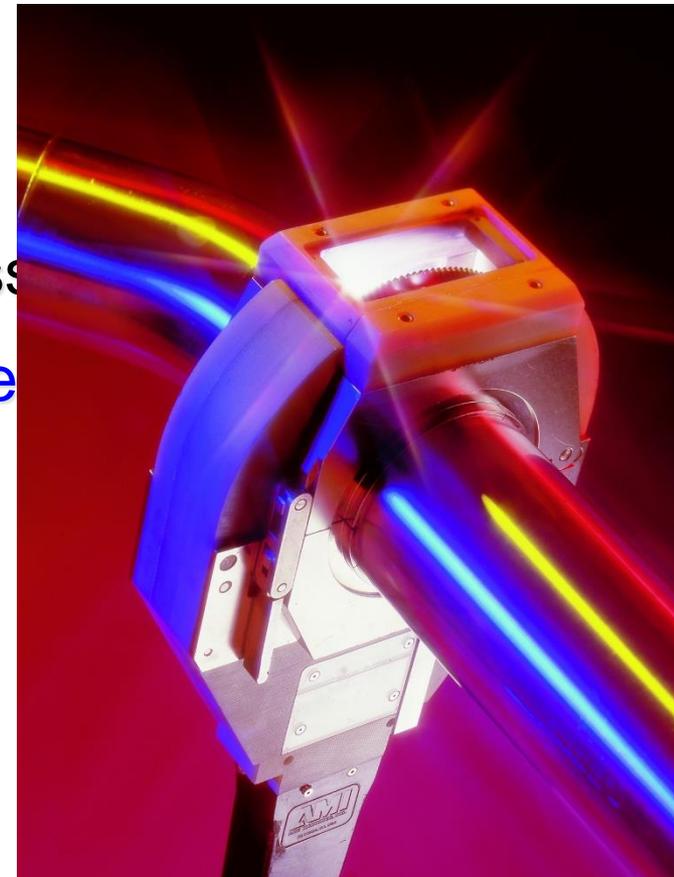
# Couche d'oxydation

- Généralité: modifications cristallines
- Formation de la couche passive
- Nouvelles couches de protection
- Diffusion des particules d'alliage
- Précipitations aux limites de grain
- Oxydation surfacique
- Blocage de l'équilibrage des concentrati

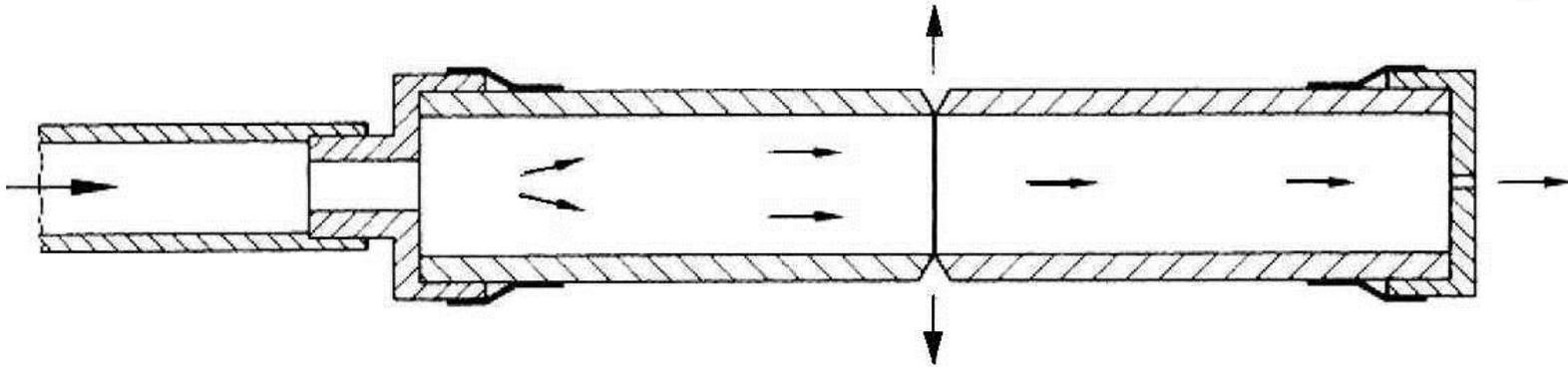


# Couleurs de revenu

- Provoquées par  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$
- Couleurs de revenu = oxydes mixtes
- Couleur générée par les interférences
- Même couleur = couche de même épaisseur
- Echelle chromatique: **jaune** - **rouge** - **bleu**
- **jaune:** 40 - 50 nm
- **rouge:** env. 100 nm
- **bleu:** env. 175 nm

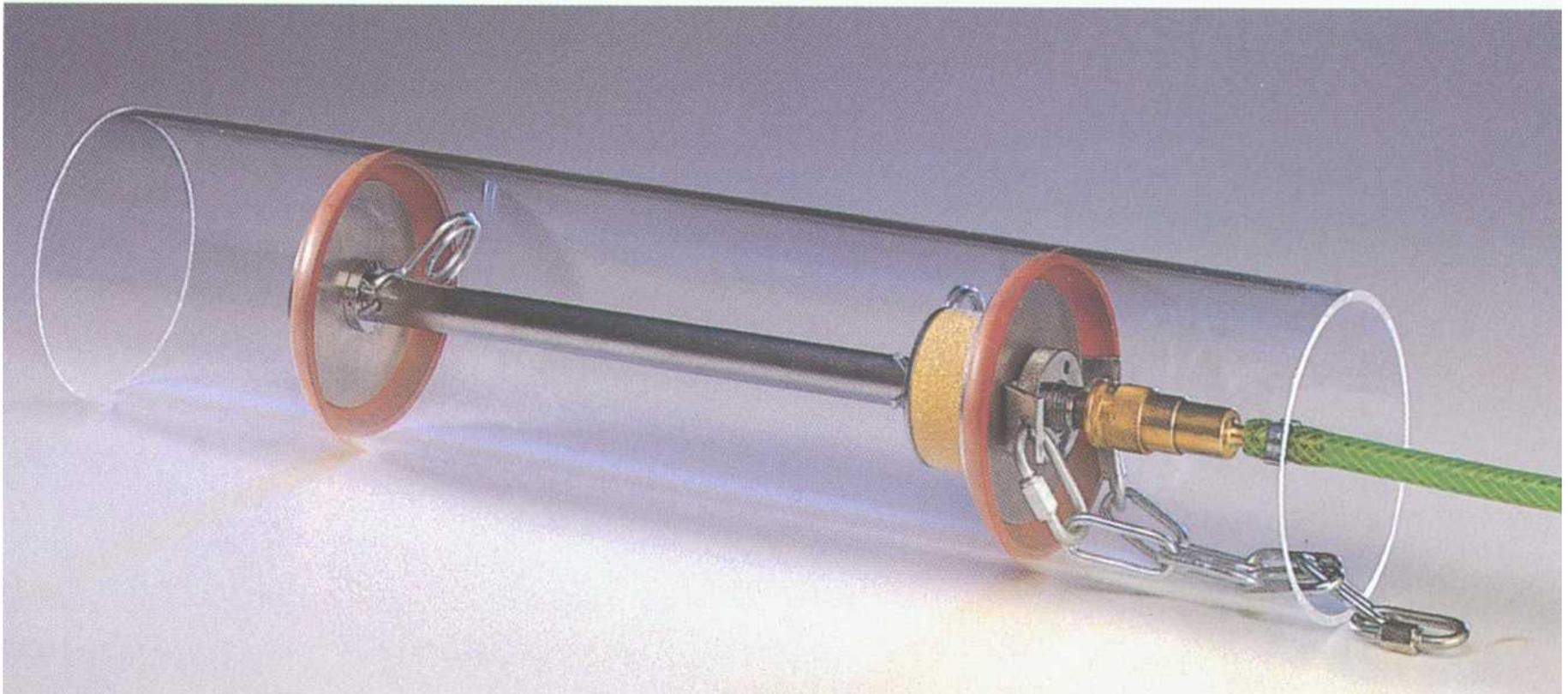


# Soudage sous gaz de protection



Soudage sous gaz de protection,  
à jet plein pour tuyaux de petits diamètres < env. 12 mm,  
en chambre d'inertage pour les tuyaux de diamètres plus  
importants

# Soudage sous gaz de protection



# Soudage sous gaz de protection

- Sans mesures préventives, oxydation de la face intérieure des tuyaux pendant le soudage orbital d'aciers inoxydables

## Résistance à la corrosion seulement par couche de passivation

- Couleurs de revenu = couches d'oxydation de composition et de structure différentes
- Le soudage sous gaz inerte réducteur évite les couleurs de revenu et assure la résistance à la corrosion de la racine du cordon de soudure.

# Règles de soudage sous gaz de protection

- Limiter autant que possible le volume d'atmosphère protectrice  
(p. ex. dispositifs spéciaux de chambrage)
- Diffuser le gaz de protection de racine lentement,  
sur une grande surface, si possible équivalente au diamètre de  
travail  
(p. ex. à travers une tôle perforée, de la laine d'acier ou un métal fritté)
- Attention à la densité relative du gaz de purge  
(surtout pour le processus de mise en place de l'atmosphère protectrice)

- Sans mesures préventives, oxydation de la face intérieure des tuyaux pendant le soudage orbital d'aciers inoxydables
- Résistance à la corrosion seulement par couche de passivation
- Couleurs de revenu = couches d'oxydation de composition et de structure différentes
- Le soudage sous gaz inerte réducteur évite les couleurs de revenu et assure la résistance à la corrosion de la racine du cordon de soudure.



# Expérience pratique de l'acier inoxydable

- Tuyauteries, composants et revêtements
- Regards de visite, échelles d'accès, escaliers, garde-corps, mains courantes, grillages, tôles perforées et tôles gaufrées
- Important: résistance à la corrosion atmosphérique
- En zone rurale ou en zone urbaine normale, les aciers 1.4301 ou 1.4307 sont probablement les meilleurs choix.

# Expérience pratique de l'acier inoxydable

Surcharge corrosive: atmosphère industrielle ou maritime:

- Aciers au chrome-nickel-molybdène
- Aciers duplex 1.4362 ou 1.4462
- ou acier austénitique hautement allié 1.4439

Revêtement des réservoirs surélevés d'eau potable:  
tôle de 1,5 mm d'épaisseur en acier 1.4404, surface 2b

# Expérience pratique de l'acier inoxydable

Aciers au chrome-nickel-molybdène (1.4404) aussi pour:

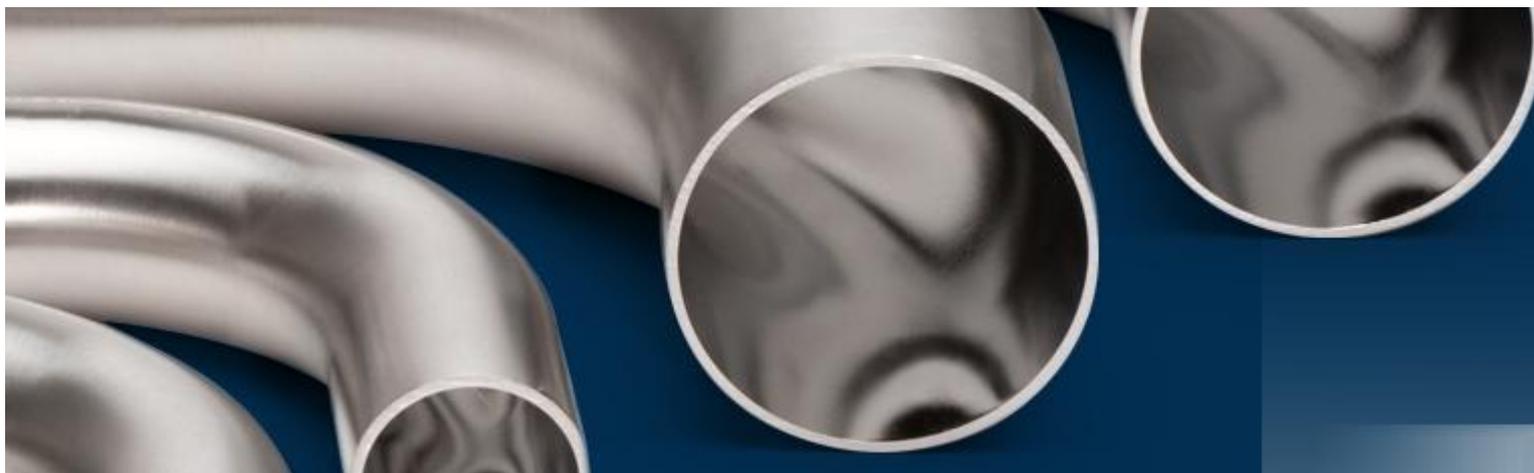
- Conduites et composants des chambres d'eau
- Désinfection de l'eau: oxygène, ozone, chlore
- Filtration sur membrane



# Acier inoxydable

## Nettoyage et entretien

- Retirer les pellicules de protection immédiatement après mise en oeuvre et pose.
- Altération accélérée des pellicules sous l'effet de la chaleur et de la lumière.
- Il n'est alors plus possible de retirer les pellicules sans trace.
- Nettoyer intégralement les éventuels résidus d'adhésif et autres souillures.
- Utiliser exclusivement des nettoyeurs spéciaux pour aciers inoxydables.



# Merci de votre attention!

