

Nichtrostende Stähle in der Wasserwirtschaft

Anja König, Dipl.-Ing. SFI

Leiterin Ausbildung

SVS Schweizerischer Verein für Schweisstechnik Basel

René Mächler, Dr. sc. techn. ETH

Leiter Technik und Qualitätssicherung

Hans Kohler AG Zürich

Vorstandsmitglied SWISS INOX

Eberhard Brune, Dipl.-Ing. (TU) Metallurgie

Leiter Verkauf Medizinwerkstoffe

Hempel Special Metals AG Dübendorf

Vorstandsmitglied SWISS INOX

Der SVS in Zahlen

Umsatz 2015 CHF 9.8 Mio.

Am 31.12.2015 – 57 Mitarbeiter für
50.2 Vollstellen

Zu folgenden Themen bieten wir

Dienstleistungen an:

- Arbeitssicherheit
- Ausbildung
- Beratung
- Werkstofftechnik
- Zertifizierung
- Mitgliederdienst
- Sekretariat für weitere Vereine



Ausbildung

Schweisser für alle
Schmelzschweisverfahren
von metallischen Werkstoffen



Schweisser für
Kunststoffschweissen
von Polyethylen (PE)



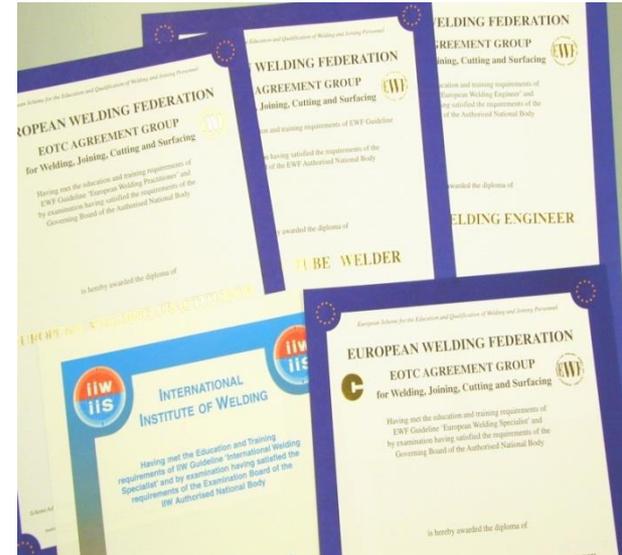
Ausbildung

Schweissaufsichtspersonal nach internationalen Standards

IWE – IWT – IWS – IWP – IW

sowie

Schweissgüteprüfpersonal IWIP



Ausbildung für zerstörungsfreie
Materialprüfung (VT und RT)

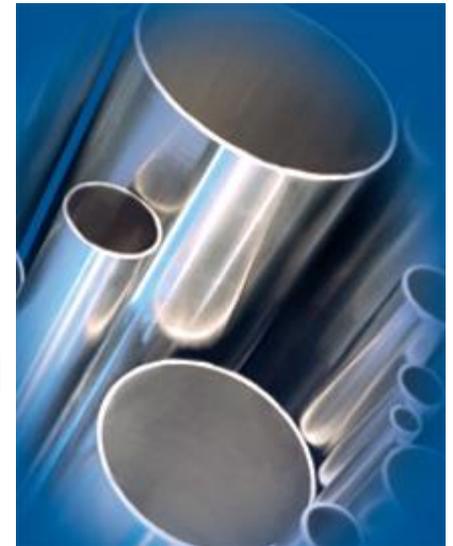


Weiterbildung durch Seminare und Firmenkurse

ca. 800 Teilnehmer pro Jahr

Ziele von SWISS INOX

- Förderung des erfolgreichen Einsatzes nichtrostender Edelstähle
- Informationen über:
 - Werkstoff-Auswahl
 - Eigenschaften
 - Normen
 - Verarbeitung
 - Recycling
- **Nicht: Kommerzielles Interesse im Vordergrund**



Seminare von SWISS INOX - Wissen praxisnah

- | | |
|-------------------|--|
| 15.03.2017 | Grundlagen-Seminar mit Stahlwerksbesichtigung |
| 26.03.2017 | Nichtrostende Stähle im Bauwesen |
| 10.05.2017 | Nichtrostende Stähle in der Praxis |
| 21.06.2017 | Nichtrostende Duplexstähle |
| 18.10.2017 | Hitzebeständige Stähle |
| 22.11.2017 | Werkstoffprüfung und Attestierung |



Übersicht

- Nichtrostende Stähle
- Korrosionsarten
- Oberfläche, Oxidschichten
- Korrosionseinflüsse bei Trinkwasseranwendungen
- Schweissen
- Formieren
- Reinigen

Nichtrostende Stähle

- Austenitische Gefüge: durch das Zulegieren von Nickel im Bereich von 7 – 26 % Ni
- Umwandlung von Austenit in Ferrit oder Perlit wird unterdrückt
- Ohne Umwandlung auch keine Härtbarkeit
- Chrom (16 – 26 %) und Molybdän (ca. 2%): Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit

Nichtrostende Stähle

- Niedrige Dehngrenze $R_{P0.2}$ (durch Stickstoff zu erhöhen)
- Hohe Zugfestigkeit R_m
- Hohe Zähigkeit auch bei tiefen Temperaturen
- Gute Warmfestigkeit
- Starke Kaltverfestigung
- Geringe Wärmeleitfähigkeit
- Hohe Wärmeausdehnung

Austenitische Stähle sind bei Abwesenheit von Ferrit oder Verformungsinduziertem Martensit unmagnetisch

Nichtrostende Stähle

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



Nichtrostende Stähle

1.4301: Standard-Stahlsorte der austenitischen Chrom-Nickel-Stähle.

- hohe Korrosionsbeständigkeit
- gute Verarbeitbarkeit
- attraktives Aussehen
- hochglanzpoliert, geschliffen oder gebürstet
- zahlreiche Anwendungsgebiete

im geschweissten Zustand nicht gegen interkristalline Korrosion beständig.

grössere Partien schweissen und kein anschliessendes Lösungsglühen: 1.4307 einsetzen

Nichtrostende Stähle

verbesserte
Version des
1.4301:

Werkstoff 1.4307
mit abgesenktem
Kohlenstoffgehalt

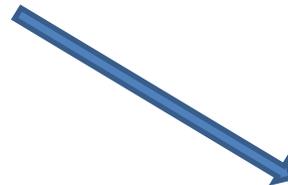


Nichtrostende Stähle

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

- Durch Fortschritte in der Herstellung der rostfreien Stähle, besonders die Absenkung des Kohlenstoffgehaltes zu sehr niedrigen Werten hat 1.4404 fast alle titanstabilisierten Güten vom Typ 1.4571 ersetzt.
- Die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion ist im Vergleich zu den titanstabilisierten Güten gleichwertig und aufgrund der Abwesenheit von Titan ist der Werkstoff nach dem Schweiessen nicht von der sogenannten Messerlinienkorrosion betroffen.



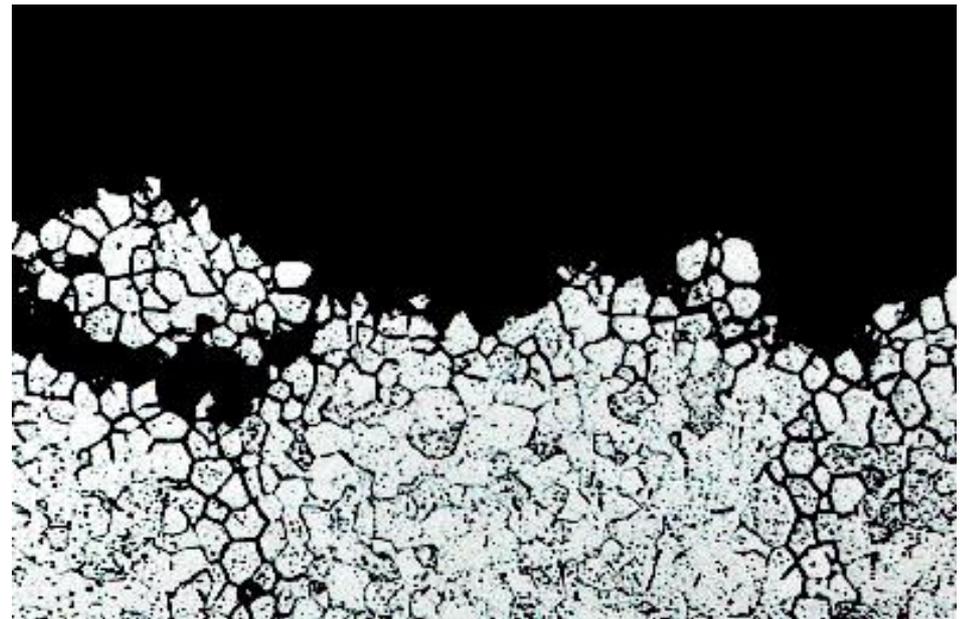
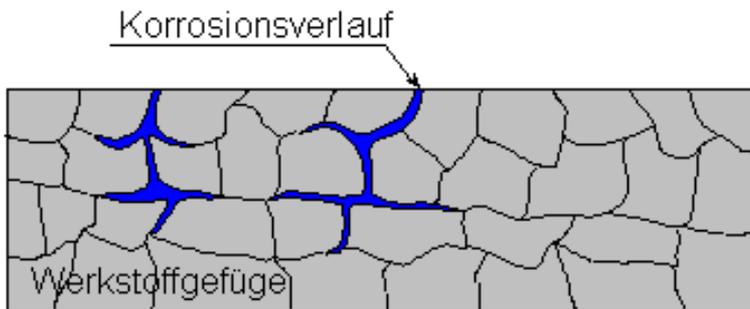
X2CrNiMo17-12-2 - 1.4404

Im Gegensatz zu den titanstabilisierten Güten hat 1.4404 eine bessere Oberfläche und kann sowohl mechanisch als auch elektrolytisch poliert werden.

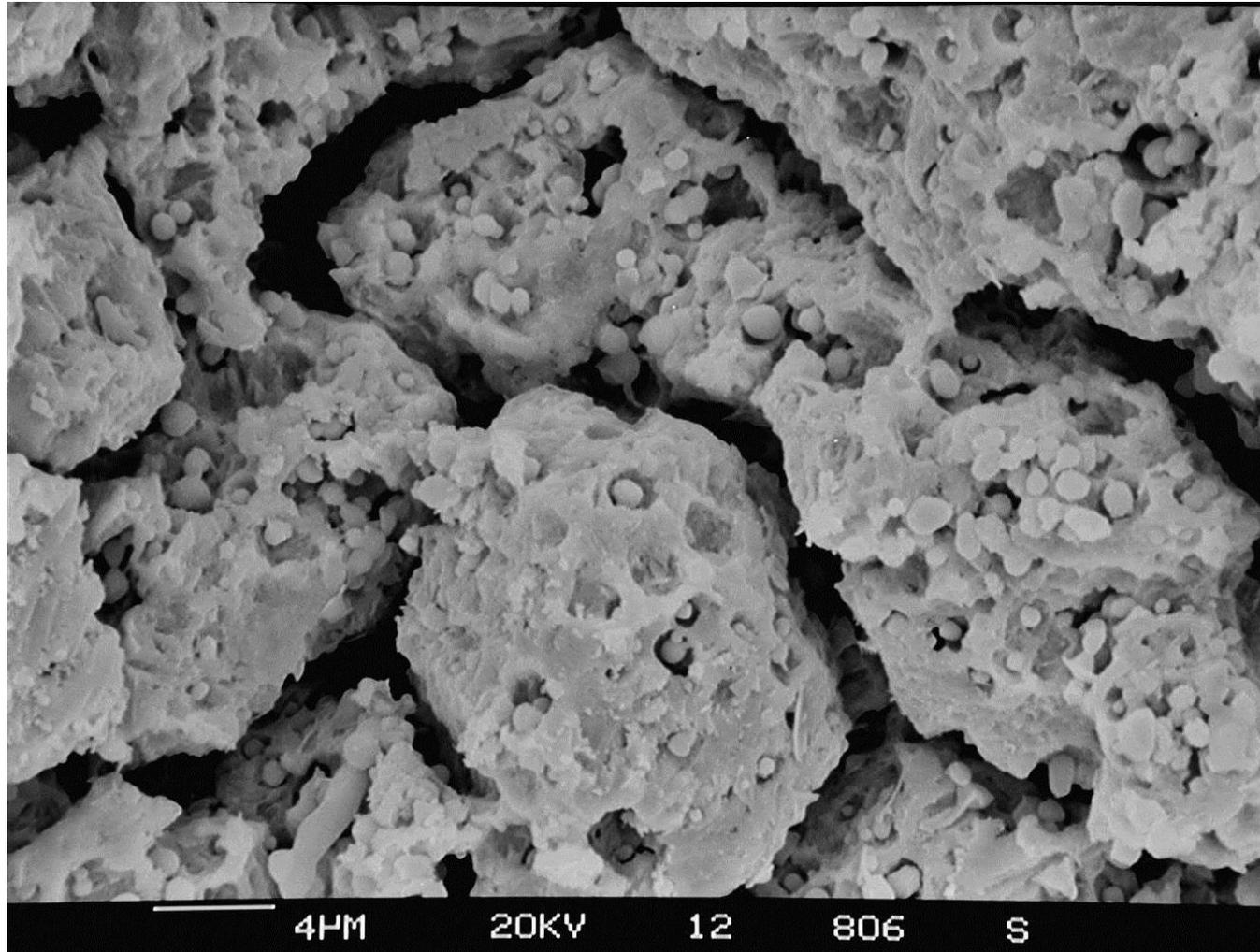
- Aufgrund des Fehlens von Titan und den daraus resultierenden Ausscheidungen, ist 1.4404 wesentlich besser spanbar, was sich auch in höheren Werkzeuggeschwindigkeiten und längeren Werkzeuglebensdauern äussert.
- Korrosionsbeständigkeit (PRE = 23,1 - 28,5)

Interkristalline Korrosion

- selektive Korrosion entlang Korngrenzen
- nicht sichtbar, daher gefährlich
- Bildung von Chromcarbid, ca. 70 %Cr, $M_{23}C_6$
- Chromverarmung an den Korngrenzen
- Korrosionsangriff an diesen Stellen
- Haupteinfluss C-Gehalt und T

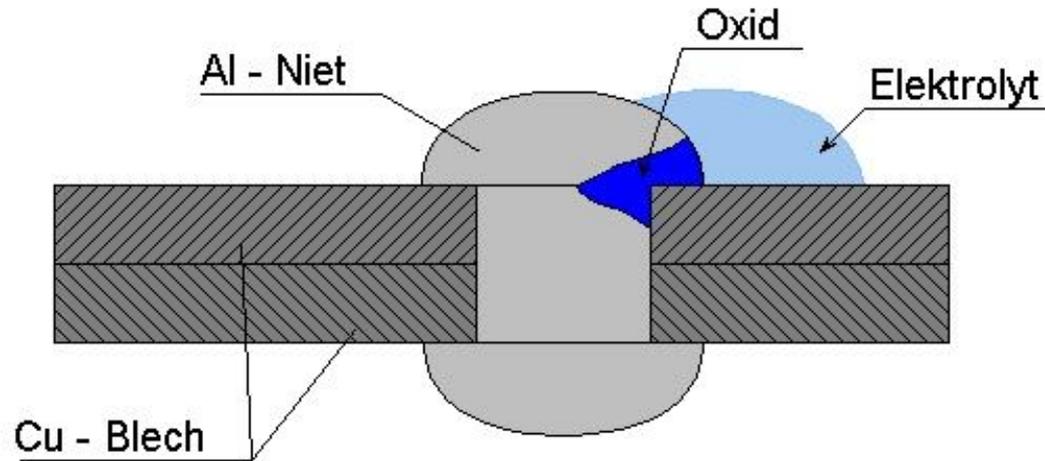


Interkristalline Korrosion

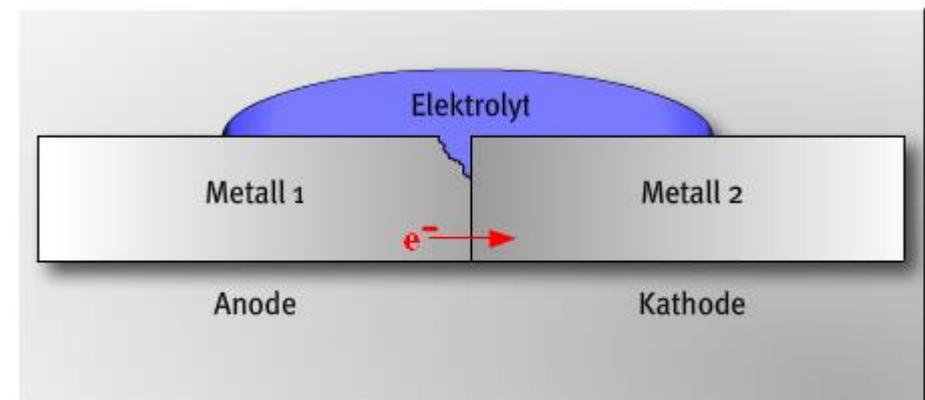


Rasterelektronenmikroskop

Kontaktkorrosion



Korrosion an den Kontaktflächen unterschiedlicher Metalle

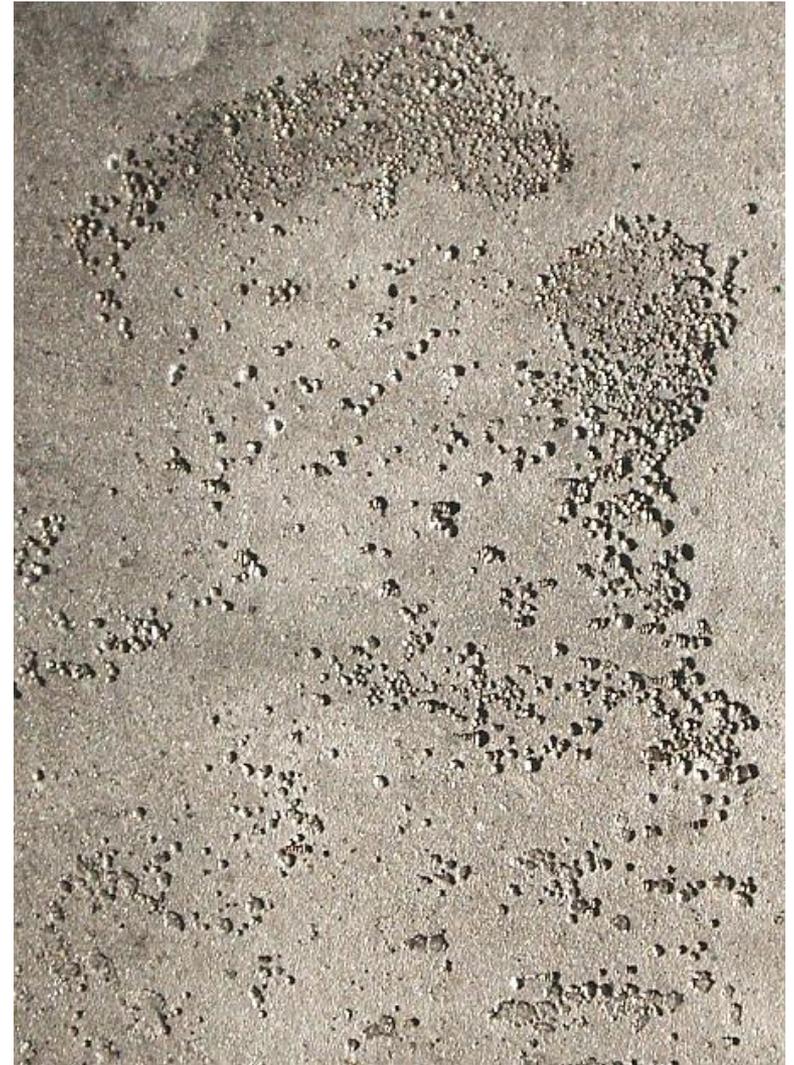


Kontaktkorrosion

- Berührung von Metallen mit unterschiedlichem Potential (z.B. Stahl - Bronze)
- Voraussetzung: leitfähiges Wasser (Ionen)
- Bildung eines galvanischen Elements
- unedleres Metall wird zerstört



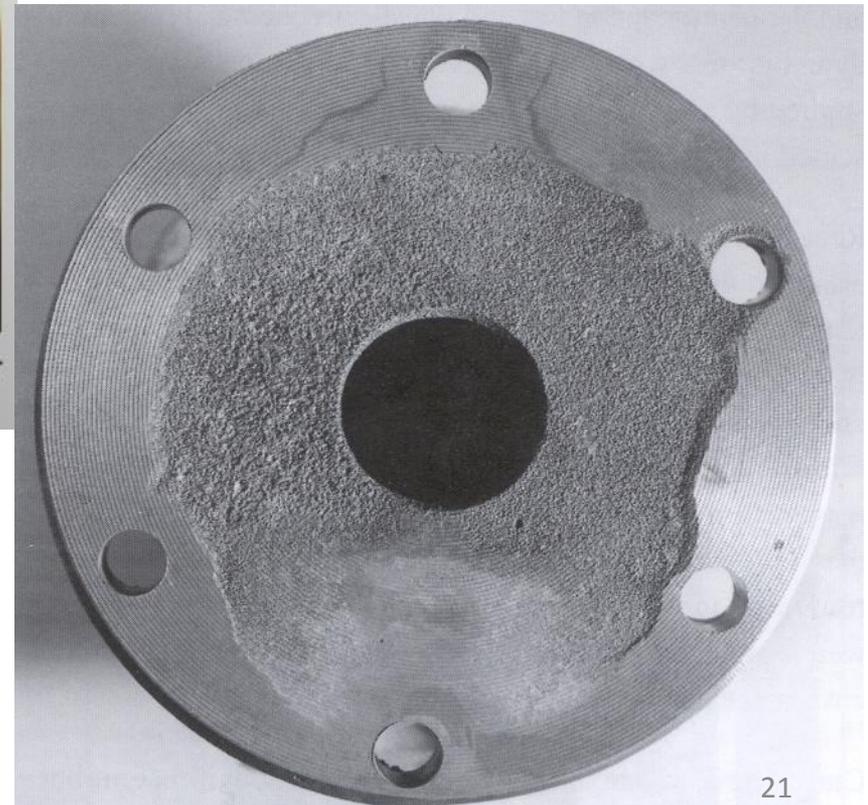
Lochfrass



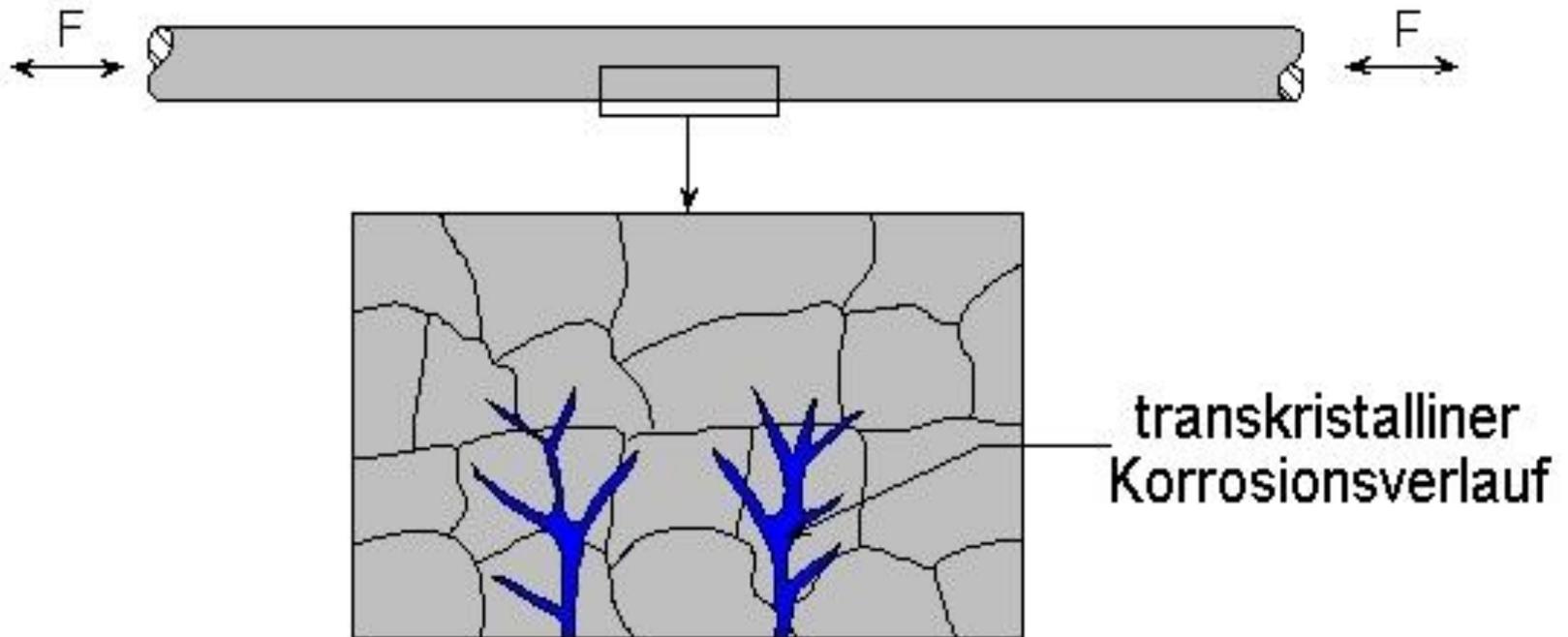
Spaltkorrosion



Korrosion an Heftschweißungen von Abstandshaltern in der Wasserkammer eines Spiralrohrwärmetauschers

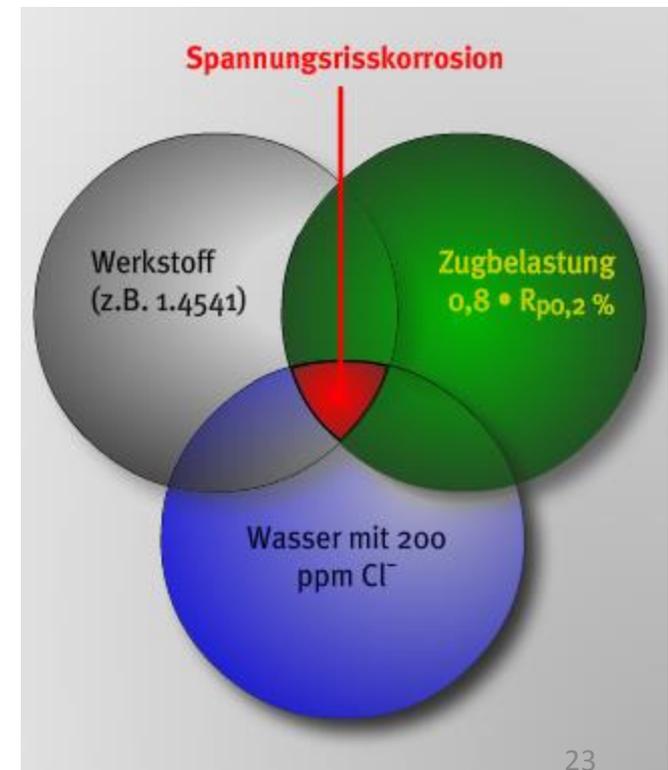


Spannungsrissskorrosion



Spannungsrissskorrosion

- **Drei Voraussetzungen notwendig:**
 - anfälliger Werkstoff, z.B. austenitische Cr-Ni-Stähle
 - **Zugspannungen, auch Eigenspannungen**
 - **auslösendes Medium, z.B. Chloridlösungen**
-
- häufig zusammen mit Lochfrass
 - trans- oder interkristalline Risse



Einfluss auf Korrosion

Wasserseitig

Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion und Spaltkorrosion steigend mit zunehmendem Gehalt an Chlorid-Ionen

Zulässige Grenzgehalte an Chlorid-Ionen abhängig von:

- pH-Wert
- Temperatur
- Fließbedingungen
- Anwesenheit von Oxidationsmitteln
- Nitrat oder Sulfat

Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion bei molybdänfreien nichtrostenden Stählen hoch:

- bei Kaltwasser Chlorid-Ionen über etwa 200 mg/l
- in erwärmtem Wasser über 50 mg/l

Einfluss auf Korrosion

Bauseitig

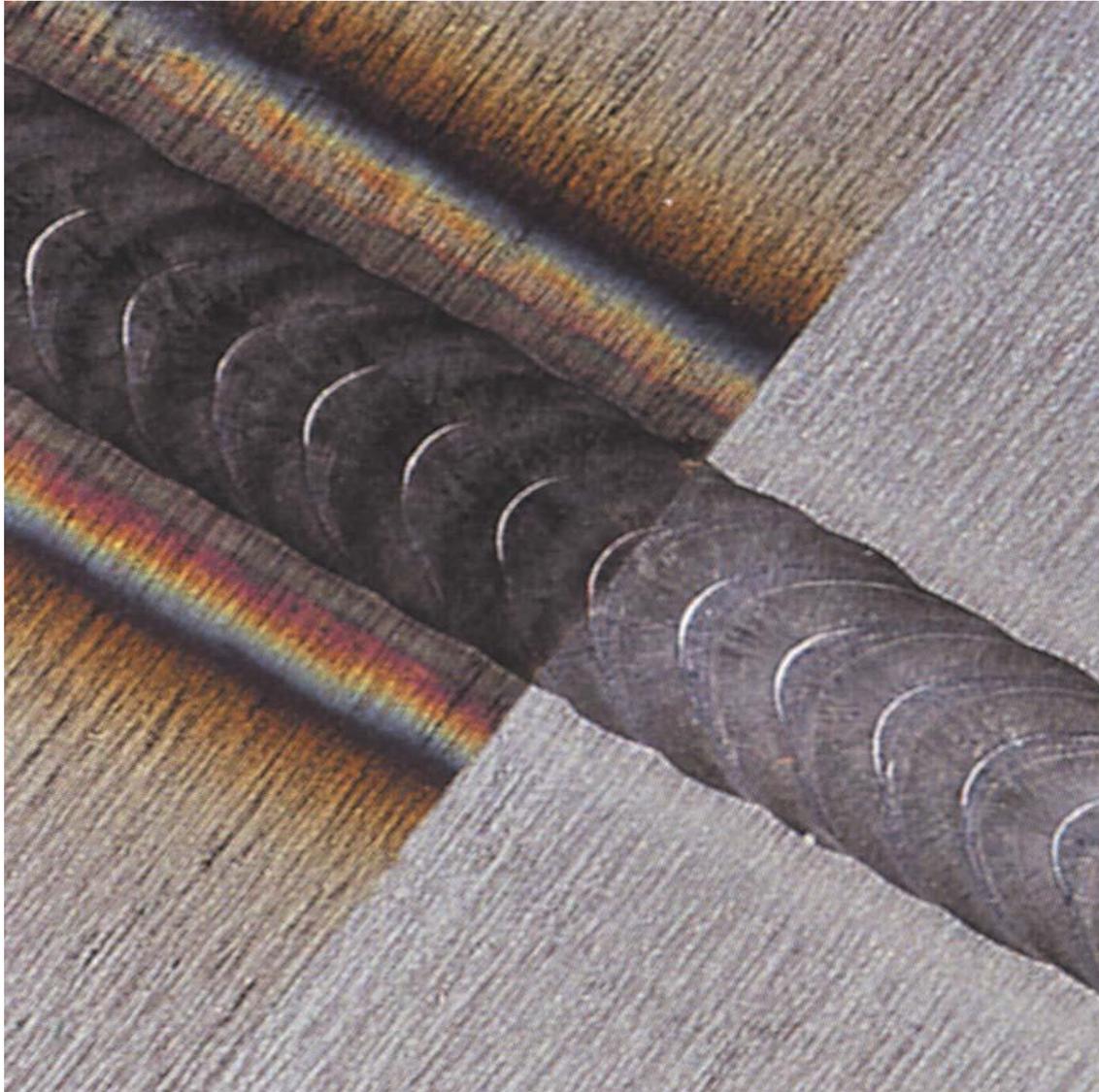
- Vermeidung von Spalten wichtig
- Spalte mit einer Weite von mehr als 0,5 mm unkritisch
- Metall-Metall-Spalte unkritischer als Metall-Kunststoff- Spalte
- bei kritischen Spalten beständigeren Werkstoff wählen
- Dichtungswerkstoffe: keine oder nur geringe Chloridfreisetzung
- Bauteile vor Kontakt mit chloridhaltigen Baustoffen bewahren
- Einwirkung chloridhaltiger Gase oder Dämpfe zu vermeiden
- Dämmstoffe mit max. 0,05 % wasserlöslichen Chlorid-Ionen
- Mineralwolle: wasserlöslichen Chlorid-Ionen max. 6 mg/kg

Einfluss auf Korrosion

Fertigungsseitig

- Unsachgemässe Wärmebehandlung beim Schweißen
- Spalten, Einbrandkerben und Poren in der Schweissnaht
- Anlauffarben, Verzunderungen, Spritzer und Schlackenreste
- Ungenügende Wurzeldurchschweissung
- Oxid- und Zunderschichten durch unangepasste Schutzgaszufuhr
- Oxide durch Beizen, Feinschleifen oder Kugelstrahlen mit Glasperlen entfernen
- Eigenspannungen durch grobes Schleifen
- Metallabrieb und Fremdstoffe sorgfältig entfernen
- Reinigung

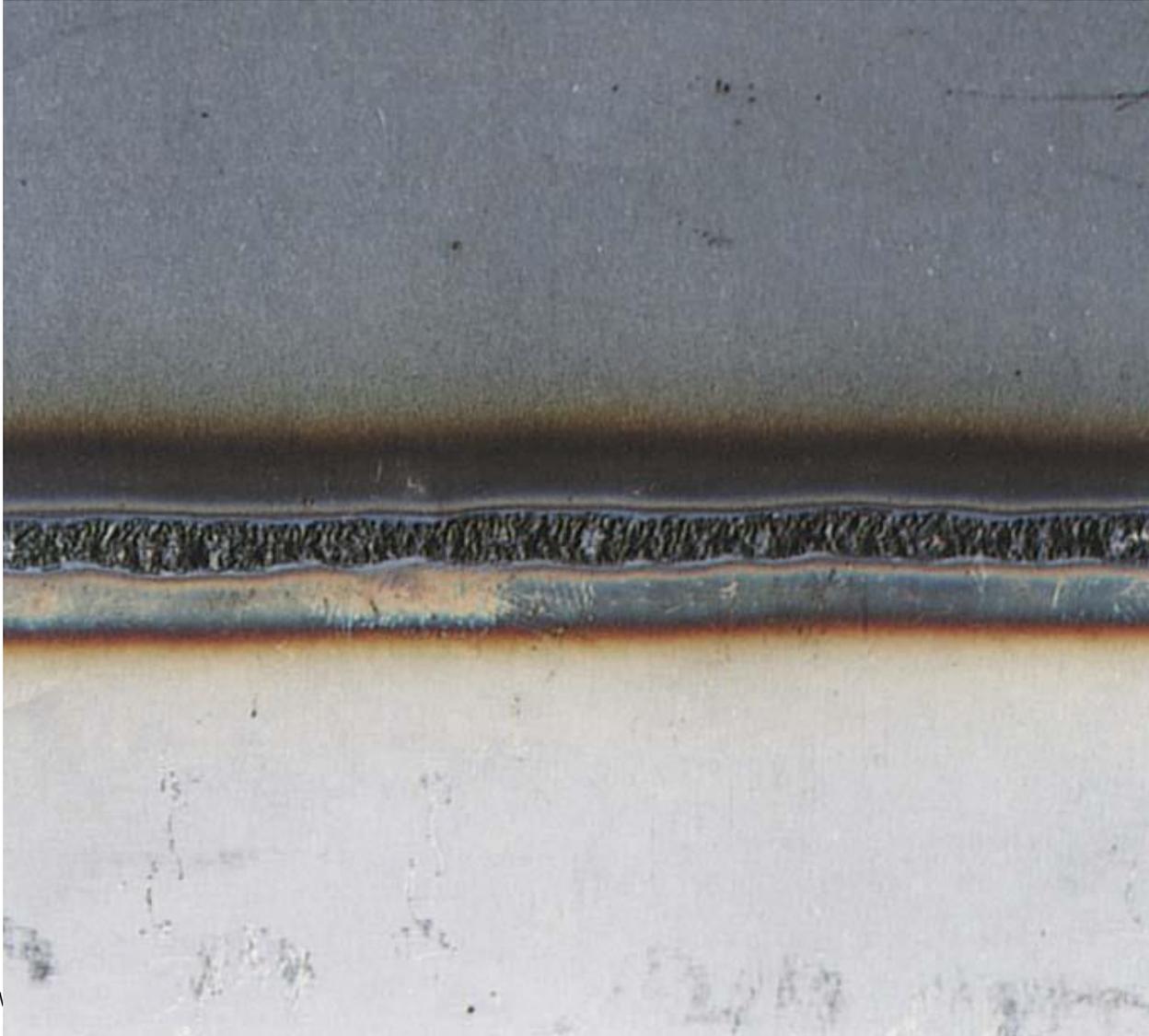
WIG-Impulsstromschweissen



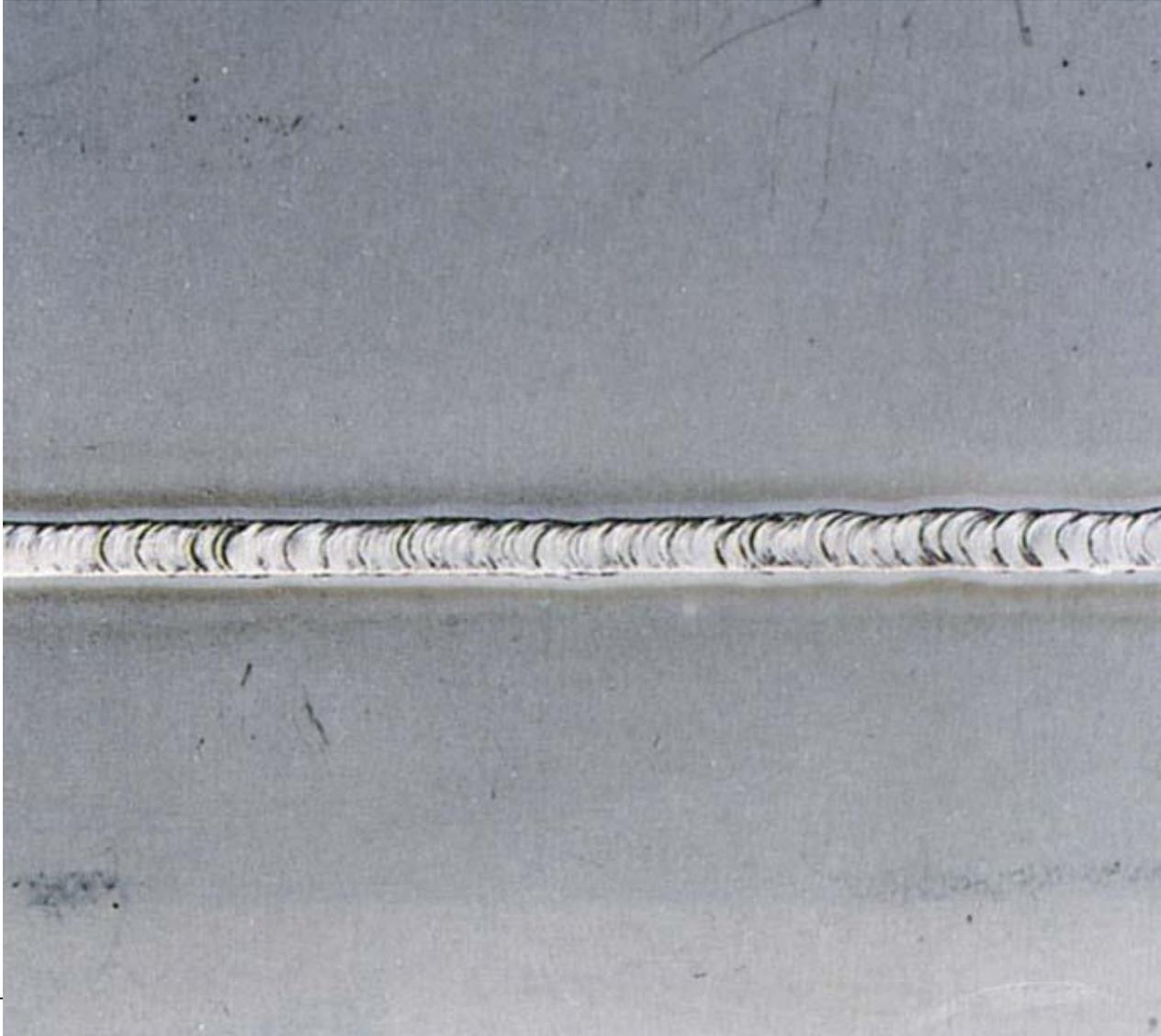
Direkt nach dem WIG-
Schweissen

elektrochemisch
gereinigt

Schweissnaht ohne Wurzelschutzgas

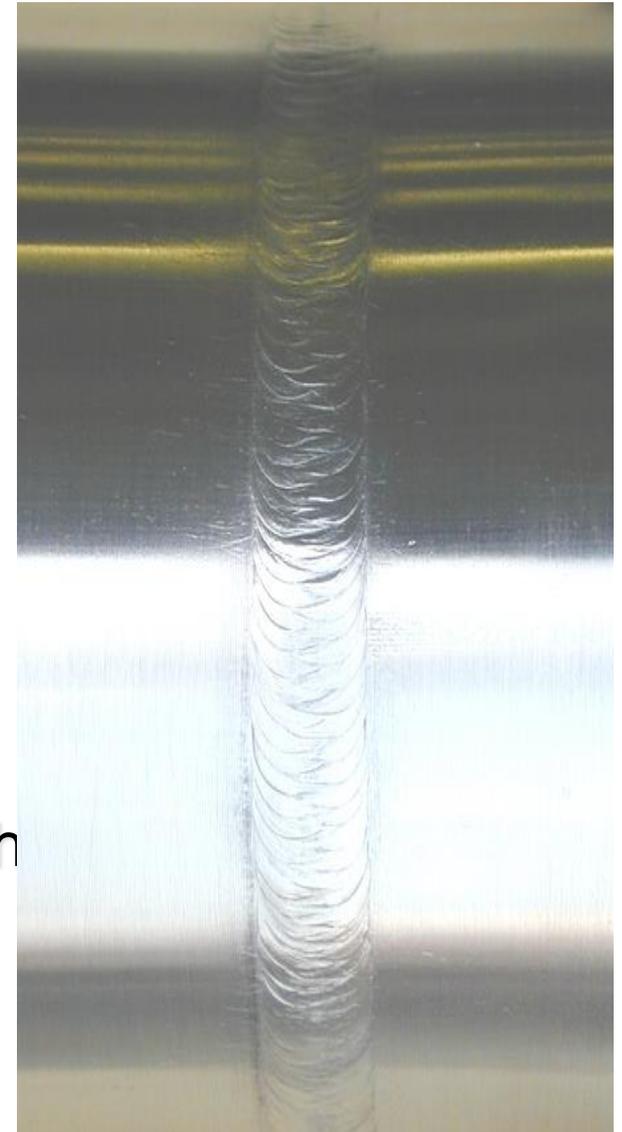


Schweissnaht mit Wurzelschutzgas



Oxidschicht

- Generell: Gefügeveränderungen
- Wachstum der Passivschicht
- Bildung neuer Deckschichten
- Diffusion von Legierungsbestandteilen
- Ausscheidungen an Korngrenzen
- Oberflächen-Oxidation
- Verhinderung Konzentrations-Ausgleich

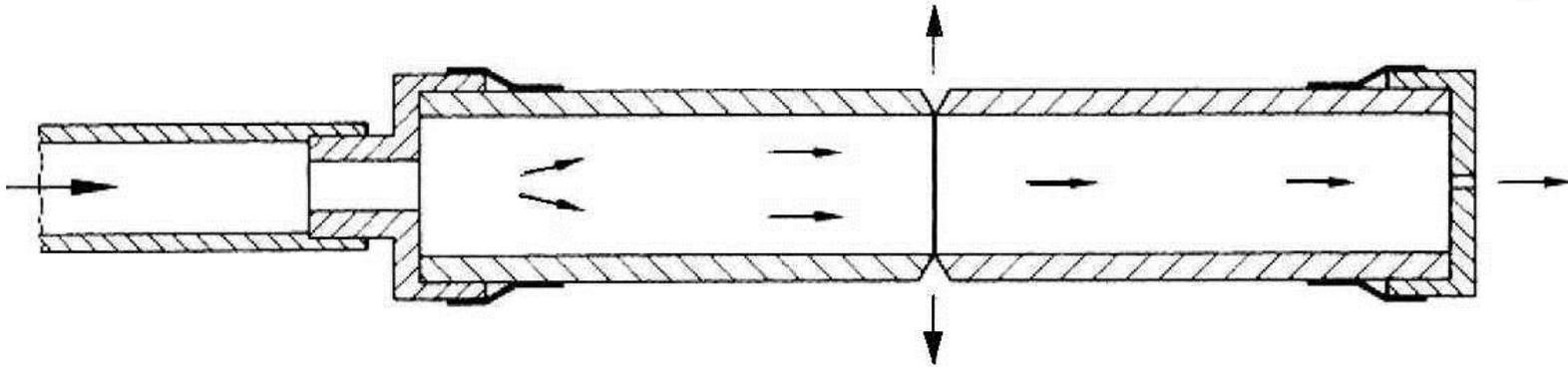


Anlauffarben

- entstehen durch O_2 , CO_2 , H_2O
- Anlauffarben = Mischoxide
- Farbe durch Interferenzen
- gleiche Farbe = gleiche Schichtdicke
- Farbskala: **gelb** - **rot** - **blau**
- **gelb**: 40 - 50 nm
- **rot**: ca. 100 nm
- **blau**: ca. 175 nm

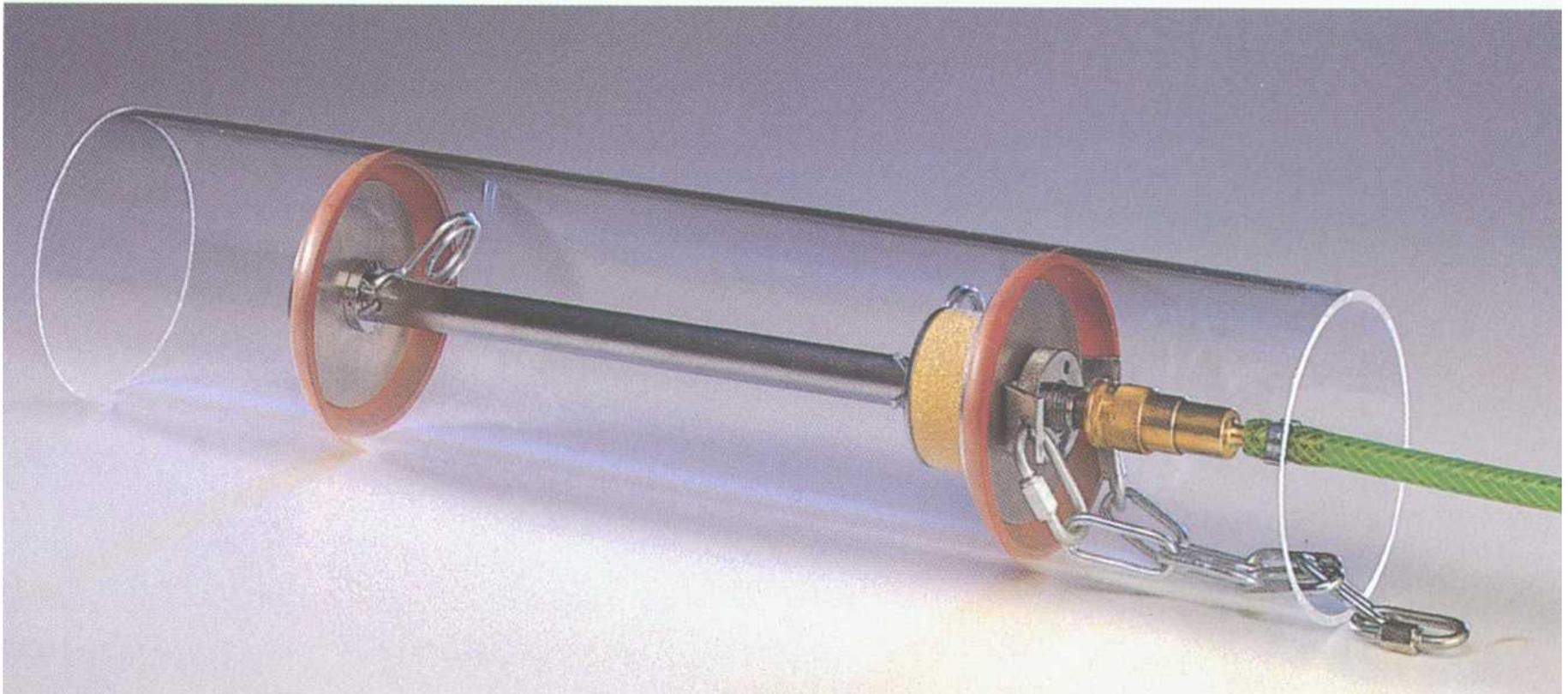


Formieren



Formieren bei kleinen Rohrdurchmessern
bis ca. 12 mm im Vollstrom, bei grösseren Rohren mit
Hilfe von Formiergaskammersystemen

Formieren beim Schweissen



Formieren

- Ohne Massnahmen oxidieren Rohrippenseiten beim Orbitalschweissen von Rostfrei-Stählen

Korrosionsbeständigkeit nur durch Passivschicht

- Anlauffarben = Oxidschichten mit anderer Zusammensetzung und anderer Struktur
- Formieren mit reduzierend wirkenden Inertgas-Mischungen vermeidet Anlauffarben und sichert Korrosionsbeständigkeit der Nahtwurzel

Grundregeln für das Formieren

- Zu spülendes Volumen so klein wie möglich halten
(z.B. durch spezielle Vorrichtungen)
- Wurzelschutzgas langsam und grossflächig ausströmen lassen, am besten querschnittsgleich
(z.B. durch Lochblech, Stahlwolle oder Sintermetall hindurch)
- Relative Dichte des Spülgases beachten
(Besonders bei der Verdrängungsspülung)

- Ohne Massnahmen oxidieren Rohrinneisen beim Orbitalschweissen von Rostfrei-Stähle
- Korrosionsbeständigkeit durch Passivschicht
- Anlauffarben = Oxidschichten mit anderer Zusammensetzung und anderer Struktur
- Formieren mit reduzierend wirkende Inertgas-Mischungen vermeidet Anlauffarben und sichert Korrosionsbeständigkeit der Nahtwurzel



Praktische Erfahrungen mit Edelstahl Rostfrei

- Verrohrungen, Einbauteile und Auskleidungen Schachtabdeckung, Einsteigleitern, Treppen, Geländer, Handläufe, Gitterroste, loch- und Riffelbleche
- Wichtig: Korrosionsbeständigkeit an der Atmosphäre
- In ländlicher Umgebung oder in normaler Stadtatmosphäre: 1.4301 oder 1.4307 wahrscheinlich beste Werkstoffwahl

Praktische Erfahrungen mit Edelstahl Rostfrei

höhere Korrosionsbelastung, Industrie- oder Meeresatmosphäre:

- Chrom-Nickel-Molybdänstähle
- Duplex-Edelstähle 1.4362 bzw. 1.4462
- Oder hoch legierte Austenit 1.4439

Auskleidungen von Trinkwasser-Hochbehältern: 1.5mm dicke Bleche aus 1.4404 mit 2B-Oberfläche

Praktische Erfahrungen mit Edelstahl Rostfrei

Chrom-Nickel-Molybdänstähle 1.4404 auch für

- Rohrleitungen und Einbauteile in Wasserkammern
- Trinkwasseraufbereitung mit Sauerstoff, Ozon, Chlor
- Membranfilter



Reinigung und Pflege

- Schutzfolien nach Fertigstellung und Montage umgehend entfernen.
- Unter Wärme- und Lichteinwirkung beschleunigte Alterung der Folien
- rückstandsfreies Abziehen dann nicht mehr möglich
- Rückstände des Klebers und Schmutz durch eine Grundreinigung beseitigen
- Ausschliesslich Reinigungsmittel speziell für die nichtrostende Stähle verwenden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



