



STAHLKORROSION

(Grundlagen)

Dennis Wettels

18.07. 2007



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. Erscheinungsformen



Inhalt

1. Allgemeines

DIN EN ISO 8044

Korrosion von Metallen und Legierungen –
Grundbegriffe und Definitionen

Definition: Korrosion

Zerstörung eines Werkstoffes durch:

- Chemische Reaktion
- Elektrochemische Reaktion

mit Bestandteilen der Umgebung

(Atmosphäre, Wasser, Erdreich)

Jede nachteilige Veränderung der Werkstoff-
eigenschaften wird als Korrosion bezeichnet



Inhalt

1. Allgemeines
2. **Chemische Korrosion**

Chemische Korrosion

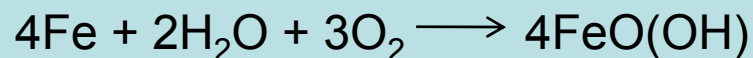
Tritt aufgrund der Affinität von Stahl zum Sauerstoff auf. Auf frischen Stahloberflächen bildet sich sofort eine Oxidschicht.

Voraussetzungen: Sauerstoff und Feuchtigkeit

Unlöslich: Oxidschicht wirkt als Schutz

Löslich: Korrosion schreitet weiter fort

In Verbindung mit Sauerstoff und Wasser



bildet sich fest haftender, plattiger, poröser Rost

Volumenvergrößerung 1:2,5 (Fe:FeO(OH))



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
- 3. Elektrochemische Korrosion**

Elektrochemische Korrosion

- Entsteht zwischen zwei Metallen an der Kontaktzone
- Innerhalb eines Metalls durch Verunreinigungen

Voraussetzungen:

- Lokalelement (Anode + Kathode)
- Leitfähige Verbindung zwischen Anode und Kathode
- Elektrolyt
- Sauerstoff
- Potentialdifferenz



Elektrochemische Spannungsreihe

Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
- 3. Elektrochemische Korrosion**

Element (Ionen)	Spannungspotential in V
Au ³⁺	+ 1,42
Ag ⁺	+ 0,80
Cu ⁺	+ 0,52
Cu ²⁺	+ 0,34
Nichtrostender Stahl "V4A" X6CrNiMoTi17-12-2	+ 0,20
H ⁺	± 0
Nichtrostender Stahl "V2A" X4CrNi18-10	- 0,05
Pb ²⁺	- 0,13
Sn ²⁺	- 0,14
Ni ²⁺	- 0,23
Cd ²⁺	- 0,40
Fe ²⁺	- 0,44
Cr ³⁺	- 0,71
Zn ²⁺	- 0,76
Al ³⁺	- 1,66
Ti ²⁺	- 1,75
Mg ²⁺	- 2,40

Potentialdifferenz:

Je weiter zwei Metalle auseinander liegen, desto höher ist die Potentialdifferenz. Umso schneller die Reaktion



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
- 3. Elektrochemische Korrosion**

Wirkungsweise

Ausbildung eines Galvanischen Elements durch Potenzialdifferenz

Unedleres Metall \longrightarrow Anode

Edleres Metall \longrightarrow Kathode

Anode wird oxidiert und aufgelöst



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
- 4. Atmosphärische Korrosion**

Atmosphärische Korrosion

Gehört zu den elektrochemischen Korrosionen

Beginnt ab 65% rel. Luftfeuchtigkeit

Geschwindigkeit ist von der Luftverunreinigung abhängig (Cl_2 und SO_2)

Stäube halten Feuchtigkeit und Salze

Korrosionsgeschwindigkeit:

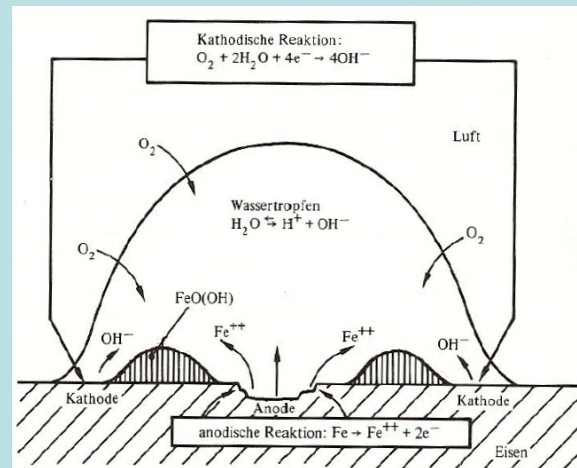
Landluft	4 – 60 μm / Jahr
Stadtluft	30 – 70 μm / Jahr
Industrieluft	40 – 160 μm / Jahr
Meeresluft	60 – 230 μm / Jahr



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
- 4. Atmosphärische Korrosion**

Wirkungsweise



Fe-Ionen lösen sich aus dem Metall

Potentialdifferenz

A + K = Lokalelement

OH + Fe = Eisen(II)hydroxid

+ Sauerstoff

= Eisen(III)hydroxid



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Erscheinungsformen der Korrosion

- Flächenkorrosion / Ebenmäßig
- Lochfraß- / Muldenkorrosion
- Selektive Korrosion
 - Interkristalline Korrosion
 - Transkristalline Korrosion
- Kontaktkorrosion
- Spaltkorrosion
- Spannungsrisskorrosion



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion

5. Erscheinungsformen

Flächenkorrosion /
Ebenmäßig

Flächenkorrosion / Ebenmäßig

Dies ist ein gleichmäßiger Angriff und Abtrag über die gesamte Metalloberfläche

Atmosphärische Korrosion

Cl_2 und SO_2 wirken als Beschleuniger



Flächenkorrosion / Ebenmäßig

Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**

Flächenkorrosion / Ebenmäßig





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Flächenkorrosion /
Ebenmäßig

Wirkungsweise

Es bilden sich anodische und kathodische Teilbereiche
Ständiger Ortswechsel dieser Teilbereiche
Bildung einer Oxidschicht in neutralen Bereichen
In Verbindung mit Cl_2 oder Säure
→ Lochfraß / Muldenkorrosion



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Lochfraß- / Muldenkorrosion

Nur lokaler Angriff (punktuell)

Elektrochemisches Prinzip

Kraterförmige, scharfe, nadelstichartige Vertiefungen

Unterschied: Verhältnis \emptyset / Tiefe

Lochfraßkorrosion ≤ 1

Muldenkorrosion ≥ 1



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Ursachen

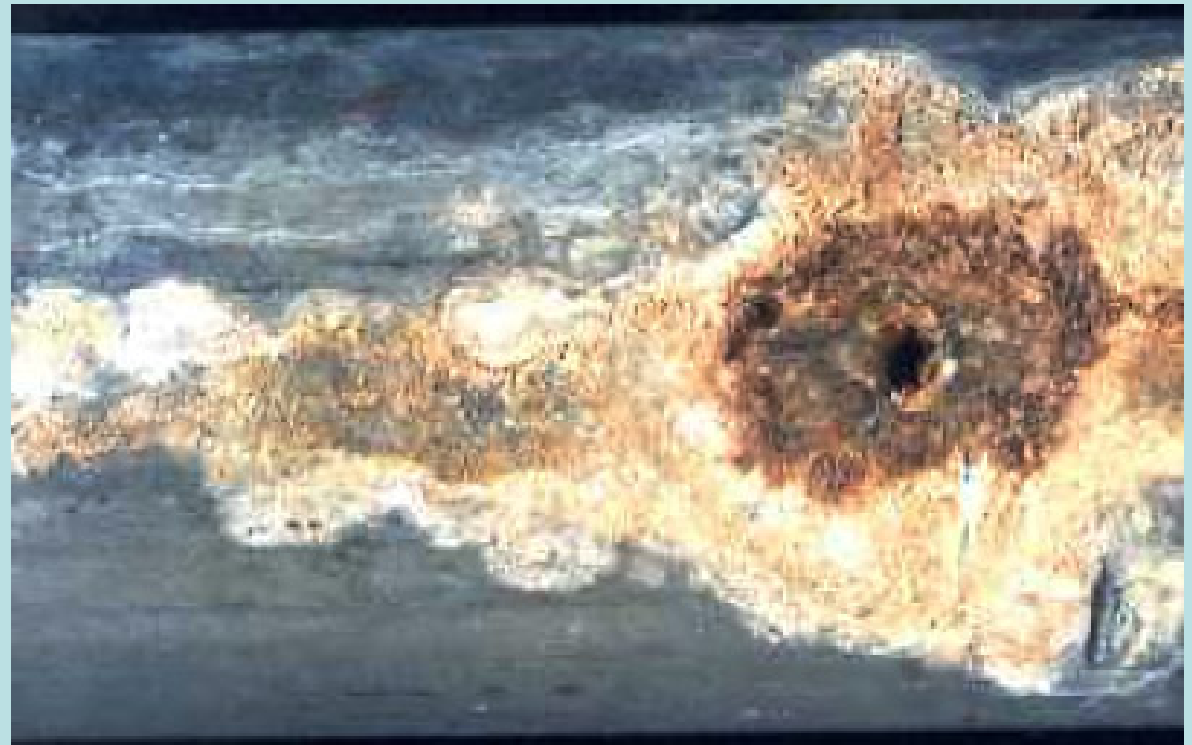
- Örtliche Kondensattropfenbildung
- Poröse Korrosionsprodukte
- Mechanische Oberflächenzerstörung
- Ungleichmäßigkeiten / Strukturfehler
- Verunreinigungen / Ablagerungen
- Örtliche Salzanreicherungen



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Beispiel





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Beispiel



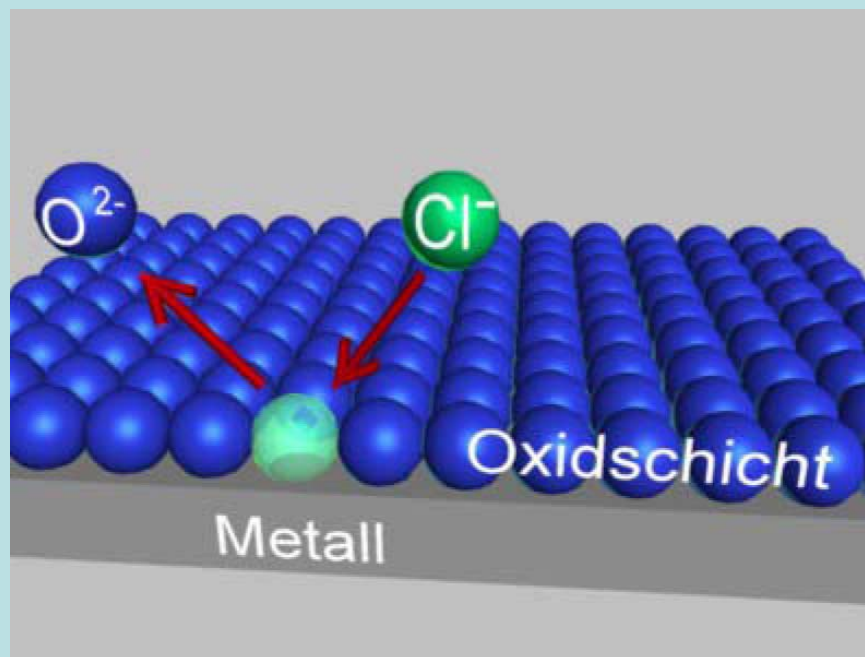


Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**
Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Entstehung

Aus der Oxidschicht wird Sauerstoff durch Chloridionen verdrängt.





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Entstehung

Durch weitere Anlagerungen entsteht ein ungeschützter Bereich → Angriff beginnt

Loch bildet Anode / Restliche Oberfläche Kathode

Sauerstoff-Konzentrationsunterschiede im Loch und Außerhalb → Lokalelement

Gelöstes Metall + Chlorionen = Salze

Mittels Hydrolyse wird Elektrolyt sauer



Inhalt

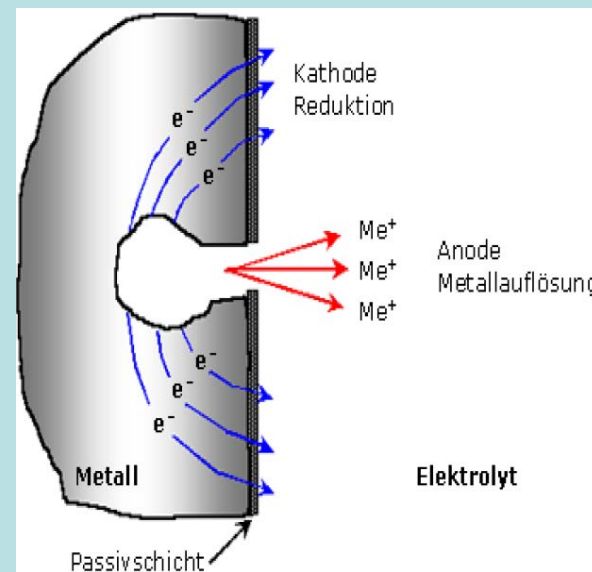
1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Lochfraß- /
Muldenkorrosion

Entstehung

Gefährlich Art von Korrosion

Nicht gut erkennbar

Metall gibt bei Belastung plötzlich nach





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**

Selektive Korrosion

Selektive Korrosion

Legierungen = Mischkristalle

Durch lokale Schwankungen (Zusammensetzung)

→ Galvanische Zelle

Edleres Metall = Kathode / Unedleres Metall = Anode

Anode wird aufgelöst → Festigkeitsverluste

Unterscheidungsformen:

- Interkristallin
- Transkristallin



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion

5. Erscheinungsformen

Selektive Korrosion

Interkristallin

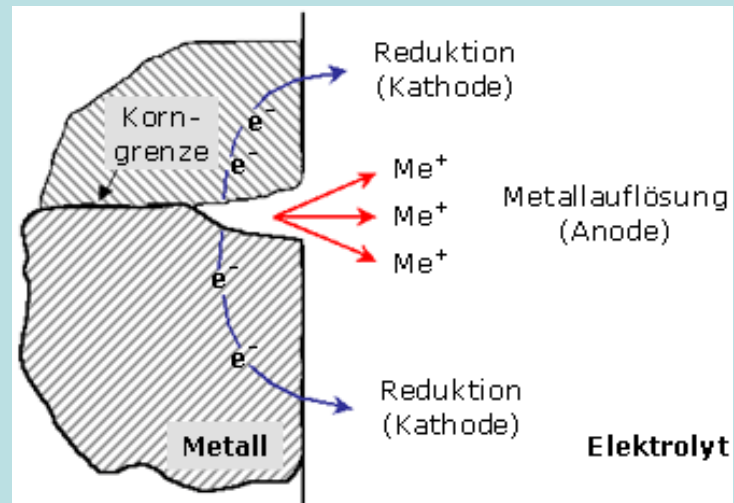
Interkristalline Korrosion

Häufig bei Chrom-Nickel-Stählen

Angriff an den Korngrenzen (Kontakt)

Grabenartige Furchen an den Korngrenzen

Herauslösen ganzer Körner





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Selektive Korrosion

Interkristalline Korrosion

Ursachen:

Schweißen, Löten, Erhitzen

Bei 400 bis 800°C bildet sich Chromcarbid

Matrix verarmt an Chrom, wodurch Korrosionsbeständigkeit verloren geht

Beschleuniger:

Saure Lösungen

Neutrale Chloridlösungen (Meerwasser)



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Selektive Korrosion

Transkristalline Korrosion

Matrix zerfällt (reißt) mitten im Kristallkörper durch glatte Brüche

Entstehung von spaltförmigen Korrosionsnarben

Hochfeste Stähle (Spannstahl, Seile)



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Kontaktkorrosion

Kontaktkorrosion

Elektrochemische Korrosion

Beschleuniger:

- Abstand der Metalle in der Spannungsreihe
- Kathodenfläche größer als Anodenfläche



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Kontaktkorrosion

Kontaktkorrosion

Beispiele:

Heißwasserleitung

—→ Messingteile und Kupferleitung

Dachabdeckungen

—→ Verzinktes Blech und Kupfer

Heizkörper

—→ Eisen/Stahl und Kupferrohre



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**
Spaltkorrosion

Spaltkorrosion

Aufgrund Konzentrationsdifferenzen im Korrosionsmedium (Sauerstoff)

Spalt vorhanden oder durch Kontaktkorrosion gebildet

Möglichkeit bei:

- Gleichartigem Metall
- Verschiedenen Metallen
- Metall und Nichtmetall





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**
Spaltkorrosion

Spaltkorrosion

Wirkungsweise:

Sauerstoffkonzentrationsdifferenz

Bildung von Polen:

Wenig Sauerstoff = Anode

Viel Sauerstoff = Kathode

Beispiele:

Punktschweißen, zwischen Stahlplatten, Nieten



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion

5. Erscheinungsformen

Spannungsrissskorrosion

Spannungsrissskorrosion

Mechanische Zugbelastung + Angriff

Rissbildung:

- Interkristallin
- Transkristallin

Voraussetzung:

- Hohe Zugspannung
- Spezielle Korrosionsmedien
- Stähle (Legierungen)



Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
- 5. Erscheinungsformen**

Spannungsrissskorrosion

Spannungsrissskorrosion

Wirkungsweise:

Beginn durch Einleitung von Lösungen an den Schwachstellen (Chloridionen)

Ob Spannungsrisss oder Lochfraß:

- Zugspannung
- Korrosionspotential

Sprödbruch



Inhalt

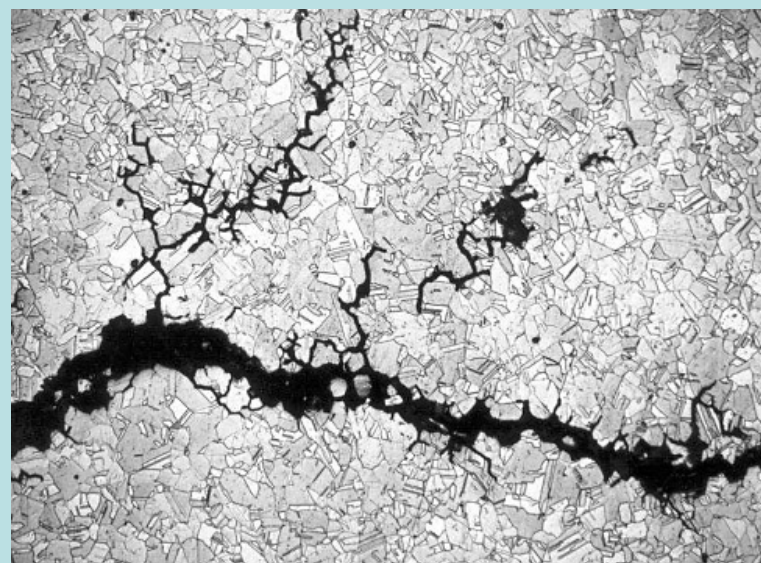
1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**
Spannungsrissskorrosion

Beispiele für spezielle Korrosionsmedien

Niedrig- oder unlegierte Stähle:

- Nitrathaltige / stark alkalische Lösungen

—→ Interkristallin





Inhalt

1. Allgemeines
2. Chemische Korrosion
3. Elektrochemische Korrosion
4. Atmosphärische Korrosion
5. **Erscheinungsformen**
Spannungsrissskorrosion

Beispiele für spezielle Korrosionsmedien

Nichtrostende Stähle:

- Chloridhaltige Lösungen
—→ Transkristallin

