

Korrosionsbeständige Edelstähle

1 WAS IST KORROSIONSBESTÄNDIGER EDELSTAHL?

Im Umfeld korrosionsbeständiger Edelstähle existieren verschiedene Begriffe wie «nichtrostend, rostfrei, rostbeständig, korrosionsbeständig, Edelstahl Rostfrei, Chromstahl, Chrom-Nickelstahl, V2A-Stahl, V4A-Stahl» etc., die beim Laien häufig falsche und oft übertriebene Vorstellungen wecken. Alle diese Begriffe werden im folgenden unter dem Begriff «korrosionsbeständiger Edelstahl» zusammengefasst. Bei all diesen Begriffen muss berücksichtigt werden, dass die Beständigkeit eines Werkstoffes von seiner chemischen Zusammensetzung, seiner Verarbeitung und von der Aggressivität der Umgebung abhängig ist. Eine falsche oder ungenügende Berücksichtigung dieser Zusammenhänge kann zu katastrophalen Schäden führen. Andererseits sind beim richtigen Einsatz von korrosionsbeständigen Edelstählen, trotz höherer Investitionskosten, über die ganze Lebensdauer gesehen, deutliche Einsparungen durch den Wegfall oder die Reduktion von Unterhaltsarbeiten möglich. Voraussetzung ist allerdings eine sorgfältige Abklärung der möglichen Korrosionsmechanismen bereits in der Planung.

Bei den korrosionsbeständigen Edelstählen handelt es sich um Eisenbasis-Legierungen, d.h. sie bestehen mit Ausnahme einiger besonders hoch legierten und korrosionsbeständigen Sorten, zu mindestens 50% aus Eisen.

Ein Stahl wird dann als rost- oder korrosionsbeständig bezeichnet, wenn er mindestens an feuchter Luft oder in sauerstoffhaltigem, reinem Wasser nicht korrodiert.

2 KORROSION

2.1 Was ist Korrosion?

Im Zusammenhang mit korrosionsbeständigen Edelstählen ist es unumgänglich, sich mit dem Begriff der «Korrosion» auseinander zu setzen. Nach DIN 50900 wird «Korrosion» definiert als «Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, welche eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann.» Vereinfacht kann man «Korrosion» bezeichnen als «Zerstörung eines metallischen Werkstoffes durch (elektro-) chemische Reaktion des Werkstoffes mit seiner Umgebung (Metallauflösung)». Korrosion kann nur entstehen, wenn der Stahl mit einer korrosiv wirkenden Umgebung (Medium) in Kontakt kommt. Bei unlegiertem Stahl wirkt bereits reines Wasser, das in den meisten Fällen eine gewisse Menge an gelöstem Sauerstoff enthält, korrosiv. Der Stahl muss dazu nicht unbedingt im Wasser eingetaucht sein, eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit genügt schon.

Ob ein Stahl korrodiert, hängt stark von folgenden Faktoren ab:

- Legierung (Werkstoff)
- Konzentration der korrosiv wirkenden Stoffe in der Umgebung (Medium)
- Temperatur
- allfällige Verunreinigungen im Medium

Bereits geringe Variationen von Temperatur, Konzentration und Verunreinigungen können unter Umständen zu einer deutlichen Veränderung der Korrosionsgeschwindigkeit führen!

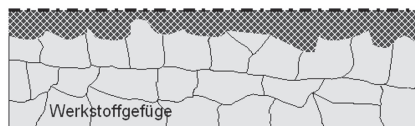
2.2 Korrosionsarten

2.2.1 Korrosionsarten

Korrosion kennt verschiedene Mechanismen und Erscheinungsbilder, die im folgenden kurz beschrieben werden. Man unterscheidet folgende Korrosionserscheinungen, die aber alle auf die gleiche Ursache zurückzuführen sind, nämlich «ungenügende Passivität» des Stahles unter gegebenen Bedingungen:

- allgemeine oder gleichmässige Korrosion (englisch: uniform corrosion)
- Lochkorrosion / Lochfrass (englisch: pitting)
- Spaltkorrosion (englisch: crevice corrosion)
- galvanische oder Kontaktkorrosion (englisch: calvanic corrosion)
- interkristalline Korrosion / Korngrenzenkorrosion (englisch: intergranular corrosion)
- Spannungsrissskorrosion SRK (englisch: stress corrosion cracking SCC)
- Korrosionsermüdung (englisch: corrosion fatigue)
- Erosionskorrosion (englisch: erosion corrosion)
- Fremdst

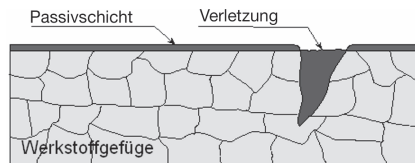
2.2.2 Gleichförmige oder allgemeine Korrosion



Man spricht von einer gleichmässigen Korrosion, wenn alle Stellen der Oberfläche gleichmässig korrodieren. Im Gegensatz zu anderen Korrosionsformen ist diese von Auge gut sichtbar. Durch Versuche im Labor sowie in der Praxis lässt sich bei dieser Art von Angriff die Abtragsrate des Materials als Funktion von Konzentration und Temperatur sehr gut bestimmen, d.h. diese Werte können für Berechnungen (Korrosionszugabe, Lebensdauerberechnung) benützt werden. Zeigt ein Stahl unter bestimmten Korrosionsbedingungen (Medium, Konzentration, Temperatur) eine **Korrosionsrate von weniger als 0.1 mm/Jahr**, so wird er **«als unter diesen Bedingungen korrosionsbeständig»** bezeichnet.

2.2.3 Lochkorrosion

(Chlor-induzierte Korrosion, Lochfrass)



Bei der Lochkorrosion entstehen unter Einwirkung des Angriffsmediums im Grundmaterial lokale Angriffe in Form kleiner Grübchen, während der grösste Teil der Materialoberfläche passiv und unbeschädigt erhalten bleibt. Diese Grübchen sind unregelmässig gestreut, werden immer tiefer und können in sehr kurzer Zeit ein Blech oder Rohr durchstossen. Lochkorrosion tritt in Anwesenheit von Halogenidionen (elektrisch geladene Chlor-, Fluor-, Jod- oder Bromatome) auf, wobei Chlorid- und Bromidionen aggressiver sind als Jodidionen und Fluoridionen. Die Vorgänge bei der Lochkorrosion sind komplex. Es steht fest, dass die passive Oberfläche des korrosionsbeständigen Stahles an einzelnen Punkten durchbrochen wird, wobei diese Punkte aktiv und unedler als die übrige Oberfläche werden.

Korrosionsbeständige Edelmetalle

Diese aktiven Stellen, an denen sich das Material auflöst, bilden Anoden, während die übrige Oberfläche die Kathode darstellt. Auf diese Weise entstehen galvanische Elemente, die elektrischen Strom erzeugen. Hierbei gilt, dass die Anoden und die Kathoden von der gleichen Strommenge durchflossen werden. Da die Oberfläche der aktiven, unedlen Stellen sehr klein ist, ergibt sich eine hohe Stromdichte und somit eine grosse Auflösungsgeschwindigkeit. Damit sind die schnellen, punktförmigen Durchbrüche zu erklären, die in der Praxis häufig anzutreffen sind.

Neueste Untersuchungsmethoden zeigen, dass die Angriffe immer an Inhomogenitäten des Werkstoffes (Verunreinigungen) erfolgen. Die Reinheit des Werkstoffes ist somit von grösster Bedeutung. Daneben kann die Lochfrassbeständigkeit auch durch die Legierungselemente beeinflusst werden:

Element	Beständigkeit gegen Lochfrass steigert	Beständigkeit gegen Lochfrass senkt
Chrom (Cr)	×	
Nickel (Ni)	×	
Molybdän (Mo)	×	
Stickstoff (N)	×	
Titan (Ti)		×
Niob (Nb)		×
Schwefel (S)		×
Selen (Se)		×
Kohlenstoff (C)		×

Mo steigert die Beständigkeit in chloridhaltigen Lösungen erheblich. Die Wirkung nimmt mit steigendem Mo-Gehalt zu und ist am grössten nach einer chemischen Passivierung der Oberfläche.

Die Gefahr von Lochkorrosion kann auch konstruktiv reduziert werden, indem darauf geachtet wird, dass die Apparatur keine Spalten und Säcke aufweist, in denen sich Halogenidionen aufkonzentrieren können. Auch die Oberflächenbeschaffenheit hat häufig einen markanten Einfluss auf die Beständigkeit. Eine geätzte, geschliffene oder fein polierte und passivierte Oberfläche weist die beste Beständigkeit auf.

Die Beständigkeit eines Werkstoffes gegen Lochkorrosion kann aus der Wirksumme (PRE-Wert) abgeleitet werden. Es handelt sich bei diesen Angaben um empirische Werte, die als Richtlinien zu verstehen sind. Die Werte geben einen Anhaltspunkt, ob der Werkstoff eine höhere oder geringere Beständigkeit aufweist als ein anderer.

Wirksumme PRE (Pitting Resistance Equivalent)

$$PRE_{16/30} = \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16(30) \times \%N$$

Die ungefähren PRE_{16} -Werte für eine mittlere Legierungszusammensetzung sind aus Tabelle 7.2 (s. S. 117) ersichtlich.

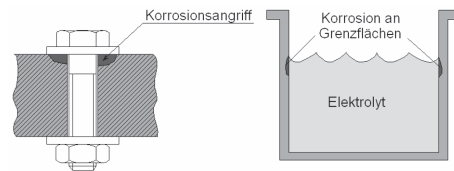
Am sichersten lässt sich Lochkorrosion durch kathodischen Schutz verhindern, wobei zwei Verfahren angewandt werden:

a) Prinzip der Opferanoden: Dabei tauchen Elektroden aus einem unedleren Metall, z.B. aus Magnesium (Mg) oder Zink (Zn), ins Medium. Diese Elektroden sind elektrisch mit dem Werkstoff, der geschützt werden soll, verbunden. Dabei entsteht ein galvanisches Element (Batterie) und das unedlere Metall geht in Lösung, d.h. die Opferanode löst sich mit der Zeit auf und muss ersetzt werden.

b) Prinzip der Fremdstromquelle: Aufdrücken eines elektrischen Stromes von einer fremden Gleichstromquelle, wobei

der korrosionsbeständige Stahl an den negativen Pol der Stromquelle anzuschliessen ist. Gleichzeitig wird eine ins Medium getauchte, inerte Hilfselektrode aus Platin, Graphit oder dergleichen zugeschaltet. Diese Hilfselektroden dürfen selbstverständlich nicht mit dem zu schützenden Stahl in Berührung kommen.

2.2.4 Spaltkorrosion

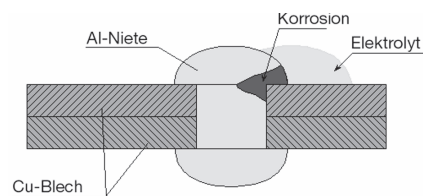


Diese Korrosionsart erfolgt vorzugsweise in konstruktionsbedingten Spalten und Hohlräumen. Wenn eine Flüssigkeit einen schmalen Spalt zwischen zwei Materialwänden ausfüllt, wird die Lösung häufig zurückgehalten, d.h. Schlamm und Verunreinigungen setzen sich hier ab. Dies führt einerseits dazu, dass der für die Passivierung erforderliche Sauerstoff nicht mehr in genügendem Masse an die Stahloberfläche gelangen kann und sich andererseits korrosiv wirkende Stoffe anreichern können. Dies führt zwangsweise zu einem lokalen Angriff. Spaltkorrosion findet man unter Dichtungen, Schraubverbindungen, Krusten (z.B. Verkalkungen) usw.

Als Schutzmassnahme sollten spaltfreie Konstruktionen angestrebt oder die Spalten genügend geöffnet werden, um so den Sauerstoffzutritt zu erleichtern.

Sind Verkrustungen (z.B. Verkalkung) zu erwarten, so ist es zweckmässig, die betreffenden Teile zu polieren oder die Konstruktion so zu gestalten, dass eine Besichtigung und Reinigung dieser Partien möglich ist.

2.2.5 Kontaktkorrosion (galvanische Korrosion)



Diese Korrosionsart kann auftreten, wenn der Stahl mit einem anderen elektrisch leitenden Material (im allgemeinen Metall) in einem Elektrolyten in elektrisch leitender Verbindung steht. Es fließen dabei galvanische Ströme durch den Elektrolyten. Je nach Stellung des Metalls in der elektrolytischen Spannungsreihe im Verhältnis zum korrosionsbeständigen Stahl nimmt die Widerstandsfähigkeit des Stahls zu oder ab.

Manche Elektrolyte können die korrosionsbeständigen Stähle in einen aktiven Zustand versetzen, indem sie die passive Schutzschicht durchstossen. Das Potential des Stahls wird dadurch vermindert und kann niedriger sein als das Potential des Kontaktmetalles.

Das Potential von Metallen und Legierungen kann sich verändern, je nach Konzentration und chemischer Zusammensetzung des Elektrolyten.

Für Verbindungen sollten deshalb artgleiche Werkstoffe verwendet werden. Ist dies aus verschiedenen Gründen nicht möglich, so sollte der edlere Werkstoff durch einen Farb-anstrich oder mit einer Kunststoffbeschichtung versehen werden oder die beiden Metalle müssen elektrisch vollständig von einander isoliert werden.

Korrosionsbeständige Edelmetalle

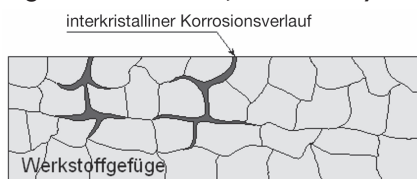
Die folgende Tabelle zeigt, welche Materialpaarungen (Materialien in direktem elektrischem Kontakt) unter welchen Bedingungen eingesetzt werden können:

	rostfreier Stahl	C-Stahl	Alu-Bronze	Phosphor-Bronze	Kupfer	Gusseisen	Aluminium	Zink
rostfreier Stahl	✓	×	✓	✓	✓	×	×	✓
C-Stahl	×	✓	×	×	×	✓	×	×
Alu-Bronze	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×
Phosphor-Bronze	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×
Kupfer	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×
Gusseisen	×	✓	×	×	×	✓	×	×
Aluminium	×	×	×	×	×	×	✓	✓
Zink	✓	×	×	×	×	×	✓	✓

- ✓ Paarung kann unter allen Umständen verwendet werden
- ✓ Paarung kann unter **trockenen** Bedingungen verwendet werden
- × Paarung soll nicht verwendet werden

Austenitische, korrosionsbeständige Stähle können ohne Gefahr miteinander verwendet werden (z.B. 1.4301 und 1.4435).

2.2.6 Interkristalline Korrosion (Korngrenzenkorrosion, Kornzerfall)



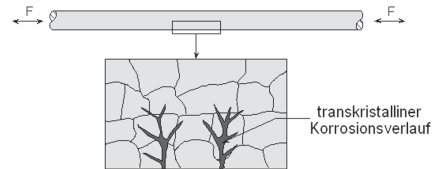
Interkristalline Korrosion ist bei austenitischen und ferritischen Stählen ein bekanntes Problem. Wird ein Stahl längere Zeit auf Temperaturen zwischen ca. 500 und ca. 900 °C (austenitische Stähle) resp. auf über 1000 °C (ferritische Stähle) gehalten, z.B. während einer Wärmebehandlung oder beim Schweißen, so können sich auf den Korngrenzen Chromkarbide ausscheiden. Dadurch wird der Umgebung das für den Korrosionsschutz wichtige Chrom entzogen, d.h. der Korngrenzenbereich verarmt an Chrom und die Korrosionsbeständigkeit dieser Bereiche sinkt. Eine allfällige Korrosion breitet sich deshalb entlang den Korngrenzen aus und bewirkt so eine Zerstörung des Gefüges.

Massnahmen zur Verhinderung dieser Korrosionsart:

1. Absenken des Kohlenstoffgehaltes auf unter 0,03% (z. B. 1.4306/07 oder 1.4404/32/35) da die Bildung von Karbiden durch die Menge des zur Verfügung stehenden Kohlenstoffs beeinflusst wird.
2. Stabilisieren / Abbinden des Kohlenstoffes durch stark karbidbildende Legierungselemente wie Niob oder Titan (1.4541 resp. 1.4571). Diese Methode wurde v.a. früher angewendet, als die Techniken zum Absenken des Kohlenstoffes noch nicht so ausgereift waren. Sinnvoll ist der Einsatz dieser stabilisierten Werkstoffe heute nur noch bei höheren Betriebstemperaturen ab ca. 300 °C. Bei tieferen Betriebstemperaturen werden die tiefgekohlten Werkstoffe (s. Punkt 1) bevorzugt. In Deutschland sind diese Werkstoffe aus traditionellen Gründen noch weit verbreitet.

3. Rekristallisationsglühen bei Temperaturen über 1050 °C (austenitische Stähle) resp. zwischen 750 und 850 °C (ferritische Stähle), gefolgt von einer raschen Abkühlung. Dadurch werden die Karbide wieder aufgelöst und die Empfindlichkeit gegen Korngrenzenangriffe wird behoben.

2.2.7 Spannungsrissskorrosion (SRK)



Für das Entstehen von Spannungsrissskorrosion müssen immer die folgenden 3 Faktoren vorhanden sein:

1. Zugspannungen,
2. ein aggressives Medium und
3. ein auf SRK empfindlicher Werkstoff.

SRK wird von inneren oder äusserlich aufgetragenen Zugspannungen ausgelöst. Druckspannungen wirken dieser Korrosionsart entgegen. SRK kann selbst an Stählen auftreten, die ohne Zugspannungen gegen das betreffende Medium resistent sind. Sie führt zur Bildung von Rissen, die etwa normal zur Spannungsrichtung verlaufen und die von blossen Auge oft nur schwer erkennbar sind. Da sie immer an Teilen auftritt, die unter Zuglast stehen, kann sie zu einem katastrophalen Versagen der betroffenen Teile führen (z.B. Hallenbad Uster).

Die austenitischen Standard-Stähle sind gegen diese Korrosionsart sehr empfindlich, bei ferritischen- und ferritisch-austenitischen Stählen ist sie jedoch eher ungewöhnlich. Angriffsmedien, die diese Art von Korrosion häufig verursachen, sind chlorhaltige oder alkalische Lösungen. Auch Wasser und Wasserdampf können in bestimmten Fällen zu Spannungsrissskorrosion bei Austeniten führen. Mit steigender Chloridionenkonzentration nimmt die Anfälligkeit zu, bei hohen Temperaturen können bereits geringe Chloridgehalte zu Schäden führen.

Um Spannungsrissskorrosion zu vermeiden, sind kaltverformte oder geschweisste Werkstücke zu glühen, um die eingebrachten Spannungen abzubauen. Die einfachen, d.h. nicht stabilisierten, Cr-Ni-Stähle werden dazu auf über 900 °C erhitzt. Bei tieferen Glühtemperaturen besteht die Gefahr von interkristalliner Korrosion. Bei niob- oder titanstabilisierten Stählen oder solchen, die einen besonders niedrigen C-Gehalt aufweisen, empfiehlt sich ein Entspannen bei 900 °C und langsames Abkühlen. Die beste Methode ist ein Lösungsglühen bei 1050 °C mit anschliessender Wasserabschreckung. Bei hochlegierten Cr-Ni-Mo-Stählen (Mo 4.5 resp. 6%) wird die SRK-Beständigkeit durch eine Verformung bis ca. 30% nur unwesentlich beeinflusst.

Im Baugewerbe, wo nebst höchster Korrosionsbeständigkeit auch eine hohe Festigkeit der Werkstoffe gefordert wird, die jedoch nur durch eine Kaltverfestigung erreicht werden kann, haben die Stähle 1.4539 (904L) und 1.4547 (254SMO) die besten Resultate gezeigt.

2.2.8 Korrosionsermüdung

Korrosionsermüdung ist eine mechanische Ermüdung, die durch Korrosion beschleunigt wird. Wird der Werkstoff im Kontakt mit einem korrosiven Medium einer Wechselbelastung (z.B. Vibrationen) ausgesetzt, so bricht die dünne

Passivschicht immer wieder auf. Sie kann sich nicht erneuern oder stabilisieren, und dem Medium wird dadurch Zutritt zur ungeschützten Metallstruktur gewährt.

Diese Art von Korrosion wird häufig beobachtet an Wärmeaustauschern, Rührwerkwellen, Pumpenwellen und in Rohrleitungen, die in Verbindung mit einer Pumpe, die Vibrationen verursacht, stehen. Durch Einsetzen eines Rohrstücks aus Gummi zwischen Pumpe und Rohrsystem können die Vibration eliminiert und das Problem sicher gelöst werden.

2.2.9 Erosionskorrosion

Diese Art von Korrosion entsteht durch einen gemeinsamen Angriff von Erosion und Korrosion. Flüssigkeiten oder Gase, die normalerweise einen Stahl nicht angreifen, können bei hoher Strömungsgeschwindigkeit (Strömungswirbel) starke Angriffe verursachen. Der Angriff wird verstärkt, wenn das strömende Medium noch zusätzlich abrasive Feststoffe enthält. Dabei entstehen charakteristische, hufeisenförmige Vertiefungen, die in der Strömungsrichtung ausgekerbt sind und eine blanke Oberfläche ohne Korrosionspunkte aufweisen. Der Angriff kann stark von der Temperatur des durchfließenden Mediums abhängig sein.

Diese Korrosionsart kann bekämpft oder vermieden werden, indem die gefährdeten Stellen so gestaltet werden, dass eine Wirbelbildung oder Stosswirkung vermindert wird. Eine mässige Strömungsgeschwindigkeit von 1 bis 2 m/s ist zweckmässig. Kann man diesen Punkten nicht gerecht werden, so ist anstelle eines austenitischen Werkstoffes ein Stahl mit höherer Abriebfestigkeit, z. B. ein ferritisch-austenitischer Duplexstahl, zu wählen.

2.2.10 Fremdrost

Diese Korrosionsart kann ihre Ursache in einer nicht vollständig entzundertten Oberfläche (Schweissnähte!) oder in Eisenablagerungen auf der Edelstahl-Oberfläche haben. Auf das Thema der fachgerechten Nachbearbeitung von Schweissnähten wird im Kapitel 5.5.5 näher eingegangen.

Die Herkunft von Eisenablagerungen ist oft schwierig festzustellen. Mögliche Ursachen können sein:

- Kontakt mit normalem Stahl bei der Lagerung oder beim Transport (z.B. Stahlbänder)
- ungenügende «Schwarz/Weiss» Trennung bei der Verarbeitung oder auf der Baustelle
- Umweltbelastung (z.B. Bremsstaub vom Schienenverkehr)

Je nach Stärke des Befalls muss der Edelstahl gereinigt werden. Dies kann geschehen mittels spezieller Reinigungsmittel (s. S. 126/7) oder in hartnäckigen Fällen durch Abschleifen oder Nachbeizen (Verfahrens- und Umweltvorschriften beachten!). Normalerweise wird der Edelstahl durch Fremdrost nicht beeinträchtigt. Bei starkem oder lange nicht entferntem Befall kann jedoch das Grundmaterial beeinträchtigt werden.

2.3 Passivität oder «Was macht Edelstahl korrosionsbeständig?»

An feuchter Luft oder in sauerstoffhaltigem Wasser reagiert eine ungeschützte Oberfläche eines niedriglegierten Stahles sehr rasch, d.h. sie rostet. Rost besteht aus einer heterogenen Mischung von Eisenoxiden und -hydroxiden. Da diese Schicht sauerstoff- und feuchtigkeitsdurchlässig ist, können

die zuerst entstehenden Hydroxide zu Eisenoxiden weiterreagieren. Auch die unter der Rostschicht liegende Stahloberfläche kann weiter rosten, solange bis alles verfügbare elementare Eisen in Eisenhydroxid oder -oxid umgewandelt ist. Rostschichten sind zudem spröde und schlecht haftend, d.h. sie blättern leicht ab.

Die korrosionsbeständigen Stähle verdanken ihre Beständigkeit v.a. dem Legierungselement Chrom. Die Chromatome in der Stahloberfläche reagieren mit dem Luftsauerstoff zu Chromoxid. Das Chromoxid bildet auf der Oberfläche eine ca. 0.001 – 0.01 µm dicke Schicht (Dicke eines menschlichen Haars: ca. 0.05 mm!), die gegenüber einer Rostschicht festhaftend, chemisch sehr beständig und dicht ist. Die Schicht ist nicht nur sehr dehnbar, sondern beim Vorhandensein von Sauerstoff und sauberer Oberfläche selbstbildend und selbstheilend. Unter geeigneten Bedingungen hat die Schicht nach ca. 24 h etwa 80% ihrer Enddicke erreicht. In diesem Zustand wird der Stahl als passiv bezeichnet. Durch Passivieren (Tauchen in Salpetersäure) kann die Passivschicht noch künstlich verstärkt werden, analog zu Eloxieren bei Aluminium. Die Chromoxidschicht hat zudem die Funktion einer Trennwand zwischen Medium und Stahl.

In sauerstofffreier Umgebung tritt keine (Neu-) Bildung der Passivschicht auf, d.h. der Stahl verharrt im aktiven Zustand; die Korrosionsrate ist von der Auflösungsgeschwindigkeit im entsprechenden Medium abhängig. Die Auflösungsgeschwindigkeit wird durch zulegierte Metalle (Nickel, Molybdän, Kupfer) herabgesetzt.

2.4 Korrosionsdaten

Bereits in Kap. 2.1 wurde darauf hingewiesen, dass die Korrosionsgeschwindigkeit unter Umständen stark von der Konzentration des Mediums, der Temperatur und allfälligen Verunreinigungen abhängen kann. Da punktweise Daten, z.B. bei Raum- und Siedetemperatur, zu einer krassen Fehlbeurteilung führen können und vollständige Daten (Isokorrosionskurven) sehr umfangreich sind, verzichten wir bewusst auf die Publikation von Korrosionsdaten.

Unsere Materialspezialisten unterstützen Sie jedoch gerne, falls Sie bei der Planung, Beschaffung oder im Falle eines Schadens mit Korrosionsproblemen konfrontiert werden sollten. Eine sorgfältige, vorgängige Beschaffung der im folgenden Kapitel aufgeführten Informationen ist für eine speditive Beantwortung Ihrer Fragen jedoch unumgänglich.

2.5 Für Abklärungen benötigte Informationen

2.5.1 Planung, Beschaffung

- Mit welchen Medien kommt das Material in Kontakt? (Betriebs-, Reinigungsmedien, Verunreinigungen)
- In welchen Konzentrationen liegen diese Kontaktmedien vor?
- Welches ist die zu erwartende Betriebs- resp. Maximaltemperatur?
- Gibt es noch andere, die Korrosion beeinflussende Faktoren?

2.5.2 Schadenfall

Leider können trotz allen Vorkehrungen Schadenfälle nicht ausgeschlossen werden. Zur Abklärung eines Schadenfalles sind, zusätzlich zu den unter Kap. 2.5.1. aufgeführten Informationen noch folgende Angaben wichtig:

- Werkstoffnummer, -bezeichnung
- Wurde der Werkstoff einer Wärmebehandlung unterworfen?
- Auftrags-, Lieferschein-, Rechnungs- oder Chargennummer
- Besteht die Möglichkeit, dass kontaminierte Luft angesogen wurde (z.B. Lösungsmittel, Streusalz-Aerosole im Winter, chloridhaltiger Abrieb von Holzzementböden, halogenidhaltige Dämpfe von Betriebsmitteln) oder dass das Material mit Stoffen in Berührung kam, die bei der Planung nicht vorgesehen oder berücksichtigt wurden, z.B. Reinigungs- oder Desinfektionsmittel?

3 EINTEILUNG DER KORROSIONSBESTÄNDIGEN STÄHLE

3.1 Allgemeines

Für die Einteilung der korrosionsbeständigen Stähle gibt es verschiedene Kriterien, entsprechend vielfältig sind die Bezeichnungen:

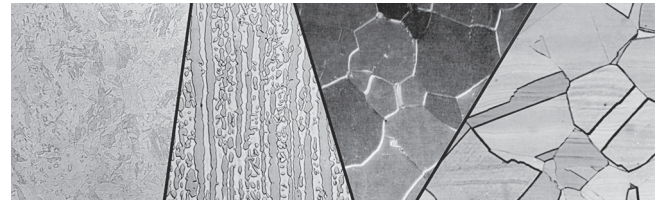
- a) mikroskopischer Aufbau (Gefüge)**
 - ferritische Stähle
 - martensitische Stähle
 - austenitische Stähle
 - ferritisch-austenitische Stähle oder Duplex-Stähle
 - ausscheidungshärtbare oder dispersionshärtbare Stähle
- b) chemische Zusammensetzung (Legierung)**
 - austenitische Chrom-Nickel-Stähle (V2A-Stähle, Cr-Ni-Stähle, AISI 300er-Serie)
 - austenitische Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle (V4A-Stähle, Cr-Ni-Mo-Stähle, AISI 300er-Serie)
 - austenitische Chrom-Mangan(-Nickel)-Stähle (AISI 200er-Serie)
 - ferritische und martensitische Chromstähle (AISI 400er-Serie)
 - Stickstoff-legierte Stähle
 - Titan- oder Niob-stabilisierte Stähle
- c) Verwendungszweck, Einsatzbereich, Eigenschaften**
 - hitzebeständige Stähle
 - kaltzähe Stähle
 - kriechfeste Stähle
 - nicht magnetisierbare Stähle
 - härtbare Stähle
 - hochsäurebeständige Stähle
 - Stähle mit verbesserter Zerspanbarkeit (Automatenstähle)

Da sich diese Einteilungen häufig überschneiden, wird **in der Praxis meist die folgende Einteilung gemacht:**

- ferritische Stähle
- martensitische Stähle
- austenitische Stähle
 - austenitische Chrom-Nickel-Stähle (V2A)
 - austenitische Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle (V4A)
- Superaustenite oder hochsäurebeständige Stähle
- ferritisch-austenitische Stähle oder Duplex-Stähle
- hitzebeständige Stähle
- warmfeste Stähle

Detaillierte Angaben wie chemische Zusammensetzung, mechanische und physikalische Eigenschaften sind in Kapitel 7 zu finden.

3.2 Edelstahlgefüge



Martensit Duplex Ferrit Austenit

3.2.1 Ferrit

Das ferritische Gefüge besteht aus mehr oder weniger isometrischen (kugeligen) Körnern mit deutlich erkennbaren Korngrenzen.

Ferrit kann nur sehr wenig Kohlenstoff aufnehmen, dafür aber grössere Mengen anderer Legierungselemente wie Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Mangan (Mn), die seine Eigenschaften, wie z.B. Korrosionsbeständigkeit, beeinflussen.

3.2.2 Martensit

Das martensitische Gefüge ist ein feinnadeliges, strukturloses und sprödes Härtegefüge, i.a. ohne klar erkennbare Korngrenzen. Es entsteht durch rasches Abkühlen eines austenitischen Gefüges (Gefügeumwandlung). Die Abkühlung muss dabei so rasch erfolgen, dass der im austenitischen Ausgangsgefüge gelöste Kohlenstoff keine Zeit findet, das Eisengitter zu verlassen und somit das Gefüge verspannt. Dieses verspannte Härtegefüge weist eine hohe Härte, aber auch eine hohe Sprödigkeit auf, so dass es praktisch nicht verwendbar ist. Zum Abbau dieser Sprödigkeit muss das Gefüge erneut erwärmt (angelassen) werden und es entsteht ein Anlassgefüge. Durch das Anlassen können die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Härte, Zähigkeit etc.) in bestimmten Bereichen eingestellt werden.

3.2.3 Austenit

Das charakteristische an einem austenitischen Gefüge sind die ausgeprägten, teilweise geradlinig und parallel verlaufenden Korngrenzen. Durch entsprechende Legierungsgehalte von Ni und Mn ist dieses Gefüge auch bei Raumtemperatur stabil. Austenitische Gefüge sind unmagnetisch (im Gegensatz zu den ferritischen und martensitischen), zäh und nur durch Kaltverfestigung (Kaltverformung) «härtbar».

3.2.4 Duplex

Das Duplexgefüge besteht aus zwei klar erkennbaren Bestandteilen (Phasen), nämlich zu je etwa 50% aus einer ferritischen und einer austenitischen. Entsprechend vereint dieses Gefüge viele der positiven Eigenschaften beider Gefügebestandteile.

3.2.5 Ausscheidungs- oder dispersionsgehärtete Gefüge

Ausscheidungshärtbare Stähle enthalten geringe Mengen spezieller Legierungselemente wie z.B. Kupfer (Cu) und Niob (Nb). Durch Lösungsglühen werden alle Legierungselemente im Eisengefüge gelöst. Durch anschliessendes, rasches Abkühlen bleiben diese Elemente gelöst, d.h. es entsteht ein metastabiler Zustand. Da der Stahl jedoch einen stabilen Zustand anstrebt, scheiden sich die zwangsgelösten Elemente im Laufe der Zeit aus und bilden im Gefüge feine, gleichmässig verteilte Ausscheidungen, die eine Erhöhung der Festigkeit bewirken. Durch eine entsprechende Wärmebehandlung (Auslagern, Aushärten) kann dieser Ausscheidungsvorgang beschleunigt und gezielt beeinflusst werden. Ausscheidungshärtbare Stähle weisen ein austenitisches, martensitisches oder austenitisch-martensitisches Gefüge auf.