

## EDELSTAHL

Edelstahl eroberte sich immer neue Anwendungsfelder. Heute wird dieser Werkstoff in nahezu allen Lebenslagen wegen seiner hygienischen und korrosionsbeständigen Eigenschaften eingesetzt.

Ob Architektur, Pharmazie, Lebensmitteltechnik oder Chemie kein Einsatzfall der nicht mit unseren Werkstoffen gelöst werden kann.

Die wegen Ihrer guten Schweißbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit heute meist gebräuchlichsten Werkstoffe sind vom Typ 1.4307, 1.4541, 1.4571, 1.4432, 1.4404. Aber auch die Sonderlegierungen wie 1.4462 und 1.4539 eröffnen sich immer neuer Einsatzfelder.

Um alle Vorteile der austenitischen Werkstoffe ausnutzen zu können sollte man aber auch deren Nachteile sorgsam beachten. Lochfraß, Spalt und Spannungsrisskorrosion welche in Verbindung mit chloridhaltigen und sauren Medien auftreten können, grenzen den Einsatz ein. Jedoch kann bei sorgsamer Auswahl für alle Zwecke der geeignete Werkstoff gefunden werden. Beim Kostenvergleich sollten die günstigsten Angebote immer auf Ihre Vergleichbarkeit mit dem teuren Angebot geprüft werden. Zum Beispiel ist ein Rohr mit gleichem Werkstoff aber verringertem Prüfaufwand oder unterschiedlicher Herstellverfahren, HF-geschweißt, nicht für den gleichen Einsatzzweck wie ein Leitungsrohr gedacht.

### Legierungselemente

Ein Stahl wird dann als rostfrei betrachtet, wenn er mehr als 12 % Chrom beinhaltet. Da erhält der Stahl eine unsichtbare dünne Schicht von Chromoxyd, welche die Oberfläche passiviert und die Risiken für Korrosionsschäden vermindert.

Umso höher der Chromgehalt um so mehr erhöht sich die Beständigkeit gegenüber aggressiveren Medien. Außer Chrom beeinflussen auch Molybdän und Stickstoff die Beständigkeit des Stahls. Nickel hingegen beeinflusst in erster Linie die Struktur und die mechanischen Eigenschaften.

Die Risiken liegen beim Einsatz der Stähle in chloridhaltigen Medien vor allem bei hohen Temperaturen und tiefen pH-Werten. Dabei können nachstehende Korrosionsarten auftreten.

### Korrosionsprobleme

Trotz der hohen Beständigkeit der Stähle kann es zu Problemen im Einsatz kommen die wichtigsten Korrosionsarten beschreiben wir nachstehend.

#### Lochkorrosion

Diese Korrosionsart tritt auf wenn die Passivschicht durch örtliche Korrosion zusammen bricht. Sie führt zunächst zur Ausbildung nadelstichartiger Vertiefungen und durch deren Wachstum zu Lochfraßstellen, die in gewissen Fällen einem Bohrloch mit einem Durchmesser von 0,5 - 2,0 mm gleichen können. Im schlimmsten Fall können die Löcher innerhalb von 2-3 Wochen ein 2 mm Rohr undicht werden lassen. Die übrigen Flächen werden praktisch überhaupt nicht beschädigt da hier noch eine Passivschicht vorhanden ist.

Das Risiko steigt bei höheren Salzkonzentrationen, höherem Sauerstoffgehalt und Temperaturen, sowie einem sinkenden pH-Wert an.

Durch Zulegieren von CHROM und Molybdän wird die Beständigkeit gegen Lochkorrosion wesentlich erhöht. Der relative Einfluss dieser Elemente auf die Beständigkeit wird mit folgender Wirksummenformel zum Ausdruck gebracht.

$$W = \% Cr + 3,3 \times \% Mo + 16 \times \% N$$

Je höher die Wirksumme, desto größer die

Korrosionsbeständigkeit. Diese Angaben sind nur Anhaltswerte und können nicht generell zur Beurteilung der Eignungsfähigkeit eines Werkstoffes herangezogen werden. Es gibt mehrere Methoden zur Beurteilung eines Edelstahls wobei hier als gebräuchlichste die ASTM G48, die in 6%iger FeCl<sub>2</sub>-Lösung und bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt wird. Eine andere Methode wird in NaCl-Lösung durchgeführt und baut teilweise auf die ASTM G61 auf. Die Resultate werden bei beiden Methoden als die Kritische Temperatur, bei welcher Lochfraß beginnt, bezeichnet.

#### Spaltkorrosion

Diese Korrosion tritt immer in engen, mit Flüssigkeiten gefüllten Spalten auf. Z.B. unter Packungen, Flanschen und Ablagerungen. Das Medium ist in der Regel an Sauerstoff verarmt, so dass sich keine Passivschicht mehr bilden kann. Sie tritt auch gerne an Stellen mit Verunreinigungen wie Zunderreste, Ankrustungen oder Reaktionsrückständen auf der Materialoberfläche auf. Hier kann der Konstrukteur vorab solche Stellen vermeiden und der Verarbeiter durch Einhaltung der Oberflächenbehandlungsvorgaben, z.B. Beizen nach dem Schweißen, vieles selbst beeinflussen.

#### Spannungsrisskorrosion

Spannungsrisskorrosion ist die Folge des Zusammenwirkens von Korrosion und Zugspannung. Diese Korrosionsart wird als die Achillesferse der austenitischen Stähle bezeichnet.

Korrosionsauslösendes Medium ist in vielen Fällen chloridhaltiges Wasser. Bei Temperaturen bis ca. 60 Grad kommt diese Form relativ selten vor. Das Risiko erhöht sich aber stark mit einem Temperaturanstieg über 60 Grad und kann ab 125 Grad auch in stark konzentrierten Laugen auftreten. Des weiteren erhöhen Zugspannungen im Material das Risiko.

Eine verbesserte Beständigkeit wird beim Einsatz von ASTM 904L oder 254 SMO erreicht. Duplex-Stähle wie 1.4462 haben auch eine weitaus bessere Beständigkeit gegen diese Korrosionsart als herkömmliche Legierungen. Bei uns erhalten Sie in diesen Qualitäten alle Arten von Rohrverbindungsstücken aus eigener Fertigung.

### Korrosionsrisiken beim Schweißen

Schweißbereiche, die keiner Wärmebehandlung unterzogen oder ohne überlegiertes Zusatzmaterial geschweißt wurden, erhalten in vielen Medien eine schlechtere Korrosionsbeständigkeit als das Grundmaterial. Folgende Korrosionsarten können bei rostfreien Stählen im Schweißbereich auftreten.

- Lochfraß wegen Ausseigerungen
- Lochfraß wegen Schweißoxyd
- Selektive Ferritkorrosion
- Interkristalline Korrosion

#### Lochfraß wegen Ausseigerung

Bei molybdän-legierten Stählen, die weder mit überlegiertem Zusatz geschweißt wurden noch einer Wärmebehandlung unterzogen wurden, sinkt die Beständigkeit in der Naht bei chloridhaltigen Medien.

#### Lochfraß wegen Schweißoxyd

Beim Schweißen bildet sich meist Oxyd auf und neben der Schweißnaht. Die Fläche unter dem Oxyd ist empfindlicher für Korrosion, weil sie an Legierungselementen verarmte, vor allem an Chrom, das ans Oxyd gebunden wurde. Auch hier besteht das größte Risiko in chloridhaltigen wässrigen Lösungen, und da in

## EDELSTAHL

Form von Lochfraß. Verringert werden kann dieses Risiko wenn sorgfältigst nach dem Schweißen die Oberfläche gebeizt wird. Neueste Untersuchungen zeigen extrem bessere Beständigkeitswerte gegenüber Strahlen, Schleifen oder Polieren.

### Selektive Ferritkorrosion

In gewissen sauren Medien vermindert sich die Korrosionsbeständigkeit der Schweißnaht bei austenitischen rostfreien Stählen mit steigendem Ferritgehalt, u.a. weil sich verschiedene Legierungselemente unregelmäßig zwischen den Ferriten und Austeniten verteilen. Der Ferritgehalt kann gesenkt werden mit Wärmebehandlung oder durch die Wahl vom Zusatzmaterial. Als Folge der Wärmebehandlung erweitert sich auch die Beständigkeit gegen Lochfraß. Ein niedriger Ferritgehalt ist ein Hinweis, dass die Schweißnaht wärmebehandelt wurde. Auch kann mit einer einfachen Härteprüfung dieser Hinweis erbracht werden. Bei Werten über 300 HB sollte eine genauere Prüfung erfolgen.

### Interkristalline Korrosion

Diese Korrosionsart, die in wärmebeeinflussten Bereichen bei Stählen mit Kohlenstoffgehalt von über 0,05% vorkommen kann, tritt seltener bei dünnwandigen Konstruktionen auf, da hier die Abkühlung beim Schweißen schneller geht so dass hier keine Chromkarbidausscheidungen entstehen können. Bei den in Deutschland üblichen Werkstoffen wird Titan oder Niob zur Stabilisierung zugegeben, bei anderen Legierungen wird bereits beim Erschmelzen ein Kohlenstoff kleiner 0,030 % angestrebt. Beide Methoden erhöhen die Beständigkeit.

### Fazit

Beim Einsatz unserer Materialien unter Berücksichtigung obiger Vorgaben, können trotz teils erheblich höherer Kosten beim Einkauf, erhebliche Einsparungen durch die Langlebigkeit und Wartungsfreundlichkeit erbracht werden. Ein Vergleich lohnt sich immer und wir helfen Ihnen gerne bei der Auswahl des geeigneten Materials. Sollten wir nicht weiter wissen kennen wir sicherlich eine geeignete Stelle an die wir Sie vermitteln werden. Legen Sie Wert auf geprüfte Materialien, in den meisten Fällen kommen diese aus TÜV zugelassenen Werken. Kontinox sucht Ihre Lieferanten innerhalb Ihrer eigenen hohen ISO 9002 Vorgaben aus. Dies sichert die Qualität und gibt Ihnen die Sicherheit auf lange Sicht eine problemlose Konstruktion einzusetzen.

### Normen und Kategorien

Die wichtigste Norm für Rostfreien Edelstahl ist die

**EN 10088** allgemeine Verwendung

**EN 10095** Hitzebeständige nichtrostende Stähle

**EN 10272** Nichtrostende Stähle für den Druckbehälter

Alle rostfreien Stähle werden in Kategorien unterteilt in

### Nichtrostende martensitische Stähle und ausscheidungs-härtbare Stähle

Diese Stähle enthalten 12 bis 19 % Chrom und 0,08 bis 1,2 % Kohlenstoff. Es können sowohl Nickel und Molybdän als auch Zusatzelemente wie Kupfer, Titan oder Vanadium enthalten sein. Diese Werkstoffgruppe verbindet eine gute Korrosionsbeständigkeit mit mechanischen Eigenschaften die denen von legierten nichtrostenden Stählen entsprechen. Die Eigenschaften werden durch Härten und Anlassen erreicht. Beispielhaft gehören zu dieser Gruppe die Werkstoffe 1.4021, 1.4034, 1.4542.

### Nichtrostende ferritische Stähle

Bei diesen Legierungen handelt es sich um Eisen - Chrom - Molybdän, deren Anteil an Chrom zwischen 10,5 und 28% schwankt und deren Anteil an Kohlenstoff 0,08% nicht übersteigt. Diese Stähle enthalten in der Regel kein Nickel, sie sind ferromagnetisch. Beispielhaft gehören zu dieser Gruppe 1.4016, 1.4113, 1.4510.

### Nichtrostende austenitische Stähle

Diese Werkstoffe sind die von uns überwiegend bevorrateten Stähle. Sie enthalten mindestens 17% Chrom sowie mindest 7% Nickel. Zusätze wie Molybdän, Titan Niob etc. Ihre mechanischen Eigenschaften bei Zugbelastung sind in der Regel eher durchschnittlich dafür in der Korrosionsbeständigkeit meist überdurchschnittlich. Beispielhaft gehören zu dieser Gruppe die Werkstoffe 1.4307, 1.4541, 1.4571, 1.4404, 1.4435.

### Legierungselemente

Nachstehend einige der wichtigsten Legierungselemente unserer Produkte und deren Wirkung.

#### Chrom

Ferritbildner führt bei einem Mindestgehalt von rd.12% zur Passivierung des Stahls und stellt somit das Hauptlegierungselement für nichtrostende Stählen dar.

#### Molybdän

erhöht die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle in reduzierend wirkenden Medien. In Abwesenheit von Halogenionen wird insbesondere auch die Beständigkeit gegen Lochkorrosion verbessert. Es erhöht ferner die Warmfestigkeit.

#### Silicium

Ferritbildner verbessert die Zunderbeständigkeit. Höhere Siliciumgehalte verbessern bei bestimmten Beanspruchungen (z.B. hochkonzentrierte Salpetersäure) die Korrosionsbeständigkeit.

#### Vanadium

(Ferritbildner) wird den härtbaren martensitischen Chromstählen zur Carbidbildung in geringen Mengen zulegiert um den Stahl gegen Überhitzung unempfindlich zu machen. Es erhöht ferner die Warmfestigkeit.

#### Titan

(Ferritbildner) bindet in ferritischen und austenitischen Stählen Kohlenstoff zu Titan-carbid und Stickstoff zu Titanitrid ab und macht den Stahl damit unempfindlich gegen interkristalline Korrosion.

#### Niob

(Ferritbildner) bindet ebenfalls den Kohlenstoff in Chrom- und Chrom-Nickel-Stählen und verhindert somit interkristalline Korrosion.

#### Nickel

(Austenitbildner) erweitert den Zusatndsereich des Austenits in Abhängigkeit von der Höhe des Legierungsgehaltes bis unter Raumtemperatur und ist neben Chrom wichtigstes Legierungselement für austenitische nichtrostende Stähle. Nickel verbessert die Korrosionsbeständigkeit und verstärkt insbesondere den Widerstand gegen Spannungsrisskorrosion.

#### Mangan

(Austenitbildner) hat keinen erkennbaren Einfluß auf die Korrosionsbeständigkeit, es erschwert in austenitischen Chrom-Nickel-Stählen die Umwandlung des Austenits zu alpha-Martensit bei Umformungs- oder Tieftemperaturbeanspruchung.

#### Kohlenstoff

(Austenitbildner) ist das wesentliche Begleitelement aller Stähle. Er erweitert das Austenitgebiet sehr stark. Seine Wirksamkeit bei geringen Gehalten ist ca. 30 mal größer als die des Nickels. Aus korrosionschemischen Gründen wird der Kohlenstoffgehalt in den meisten nichtrostenden Stählen sehr niedrig gehalten.

#### Stickstoff

(Austenitbildner) wirkt ähnlich wie Kohlenstoff. Die Löslichkeit von Stickstoff wird in Chrom- und Chrom-Nickel-Stählen mit zunehmendem Chromgehalt erhöht. In austenitischen Stählen erhöht Stickstoff die Stabilität des Austenits und gleichzeitig die Festigkeitseigenschaften, ohne die Zähigkeitswerte zu vermindern.

#### Kupfer

wird in austenitischen Stählen in Sonderfällen zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und/oder zur Verbesserung des Kalttauchverhaltens zulegiert.

#### Schwefel

trägt zur Verbesserung der spannenden Bearbeitung bei (nichtrostende Automatenstähle z.B. 1.4305). Der erhöhte Schwefelgehalt führt jedoch zu einer Beeinträchtigung der Korrosionsbeständigkeit, was bei der Werkstoffauswahl für bestimmte Beanspruchungsfälle zu berücksichtigen ist. Ausserdem verschlechtert der Schwefel die Schweißbarkeit des Materials.