

# Wirkungsweise wichtiger Legierungselemente in nichtrostenden Stählen

## Inhalt:

- Chrom
- Molybdän
- Nickel
- Stickstoff
- Kupfer
- Mangan
- Silizium
- Kohlenstoff
- Schwefel
- Titan
- Niob
- Vanadium

<b>Chrom</b>	<p>ist ursächlich für die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle, deshalb sind definitionsgemäß nichtrostende Stähle solche, die mit mindestens 10,5 Masse-% Chrom legiert sind. In der Tat führt das Legierungselement Chrom in diesem Mindestanteil zur Ausbildung einer sehr dünnen, aber fest haftenden und bei Verletzung auch selbst heilenden so genannten Passivschicht, die das darunter liegende Metall vor dem Angriff durch die umgebenden Medien schützt. Tatsächlich wird beispielsweise für die gebräuchlichen ferritischen nichtrostenden Stähle X2CrNi12 (1.4003) und X2CrTi12 (1.4512) der Mindest-Chromgehalt von 10,5 % vorgegeben. Die traditionelle Namensgebung „nichtrostende Stähle“ hat jedoch ihren Ursprung darin, dass diese Werkstoffe bei Auslagerung an normaler Atmosphäre nicht rosten. Sie bedeutet aber nicht, dass diese Werkstoffe beliebigen Medien ohne Korrosionserscheinungen ausgesetzt werden können. Um eine für vielfältigere Korrosionsbeanspruchung ausreichende Beständigkeit zu erzielen, muss ein höherer Chromgehalt als der eingangs genannte Mindestgehalt von 10,5 % vorgesehen werden. Deshalb weist der ferritische nichtrostende Stahl X3CrTi17 (1.4510) einen Mindest-Chromgehalt von 16,0 %, der austenitische nichtrostende Standardedelstahl X5CrNi18-10 (1.4301) einen solchen von 17,0 % auf. Ganz allgemein kann man davon ausgehen, dass die Beständigkeit der nichtrostenden Stähle gegen Loch- und Spaltkorrosion in chloridhaltigen Medien linear mit ihrem Chromgehalt zunimmt, wie die hierfür als maßgeblich angesehene Wirksumme <math>W = \% Cr + 3,3 \% Mo + X \% N</math> aussagt. Mit zunehmendem Chromgehalt verbessert sich auch die Beständigkeit gegenüber stark oxidierenden Säuren (beispielsweise Salpetersäure), wobei der Chromgehalt der austenitischen nichtrostenden Stähle bis herauf zu rd. 33 % gesteigert werden kann, wie das Beispiel des austenitischen nichtrostenden Stahls X1CrNiMoCuN33-32-1 (1.4591) zeigt. Chrom ist auch ein wichtiges Legierungselement zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit von Edelstahl Rostfrei gegenüber heißen oxidierenden Gasen bis herauf zu etwa 1000 °C. Deshalb ist der Werkstoff X8CrNi25-21 (1.4845) mit rd. 25 % Chrom ein häufig verwendeter hitzebeständiger Werkstoff. Chrom ist ein Ferritbildner.</p>
<b>Molybdän</b>	<p>ist nach dem Chrom das wichtigste Legierungselement für die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle. Es erhöht die Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen Flächenkorrosion in nichtoxidierenden Säuren wie Schwefelsäure, Ameisensäure etc. In chloridhaltigen Medien erhöht Molybdän die Beständigkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion. In die hierfür als maßgeblich angesehene Wirksumme <math>W = \% Cr + 3,3 \% Mo + X \% N</math> kann der Molybdängehalt deshalb mit dem Faktor 3,3 aufgenommen werden. Molybdän erhöht hier zugleich die Beständigkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion. Molybdän erhöht ferner die Warmfestigkeit. Unter den zahlreichen Beispielen für Molybdänlegierte nichtrostende Stähle sind die Werkstoffe X2CrNiMo17-12-2 (1.4404), X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462), X1NiCrMoCuN (1.4529) und X1NiCrMoCu 32-28-7 (1.4562) zu nennen. Molybdän ist ein Ferritbildner.</p>
<b>Nickel</b>	<p>ist neben Chrom und Molybdän das bedeutendste Legierungselement für austenitische nichtrostende Stähle. Nickel ist ein Austenitbildner und erweitert den Zustandsbereich des Austenits in Abhängigkeit von der Höhe des Legierungsgehaltes bis unter Raumtemperatur. Nickel ist zugleich maßgeblich für die Korrosionsbeständigkeit von Edelstahl Rostfrei gegenüber nichtoxidierenden Säuren. Im Vergleich zu Standardausteniten mit näherungsweise 10 % Nickel können jedoch sowohl nickelarme Güten wie 1.4462 als auch nickelreiche Qualitäten wie 1.4539 einen erhöhten Widerstand gegen Spannungsrisskorrosion aufweisen.</p>
<b>Stickstoff</b>	<p>Die Löslichkeit von Edelstahl Rostfrei für Stickstoff wird mit zunehmendem Chrom-, Molybdän- und Mangangehalt erhöht. In austenitischen Stählen erhöht Stickstoff die Stabilität des Austenits und gleichzeitig die Festigkeitseigenschaften, ohne die Zähigkeitswerte zu vermindern. Stickstoff ist in den höher legierten chemisch beständigen Stählen zugleich von bedeutendem Einfluss auf die Beständigkeit gegenüber Lochkorrosion. In die hierfür als maßgeblich angesehene Wirksumme <math>W = \% Cr + 3,3 \% Mo + X \% N</math> kann er deshalb mit dem Faktor 16 (Duplexstähle) oder 30 (hoch legierte Austenite) einbezogen werden. Beispiele sind die Werkstoffe X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462) mit 0,10 bis 0,22 % N, X1NiCrMoCuN (1.4529) und X1NiCrMoCu 32-28-7 (1.4562) mit 0,15 bis 0,25 % N, X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4 (1.4565) mit 0,3 bis 0,5 % N und X1CrNiMoCuN33-32-1 (1.4591) mit 0,35 bis 0,60 % N.</p>

<b>Kupfer</b>	wird sowohl zur Verbesserung des Kaltstauchverhaltens als auch der Korrosionsbeständigkeit zulegiert. Ein bewährtes Beispiel für eine spezielle Ausführung von Edelstahl Rostfrei mit verbesserter Kaltstauchbarkeit infolge verminderter Kaltverfestigung durch Zusatz von Kupfer bis herauf zu 4 % ist der Werkstoff X3CrNiCu18-9-4 (1.4567). Mit der Verbesserung des Kaltstauchverhaltens verbessert sich auch die Prägbarkeit für Schmuck, Medaillen und Münzen. Dem Kupfer als Legierungselement zu chemisch beständigem Edelstahl Rostfrei galt bis in die 1980er Jahre besonderes Interesse, vor allem in Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit u. a. in Schwefelsäurelösungen. Ein bewährtes Beispiel hierfür ist der Werkstoff X3NiCrCuMoTi27-23 (1.4503) mit 2,5 bis 3,5 % Cu. Als jedoch zunehmend bewusst wurde, dass neben der prozessseitigen Korrosionsbeständigkeit auch der Beständigkeit gegenüber chloridhaltigen Kühlwässern besondere Aufmerksamkeit zukommt, wurde klar, dass sich Kupfer negativ auf die Spaltkorrosionsbeständigkeit auswirken kann. Bei späteren Legierungsentwicklungen wurden deshalb reduzierte Kupfergehalte angestrebt. Beispiele sind die Werkstoffe X1CrNiMoCuN20-18-7 (1.4547) mit 0,5 bis 1,0 % Cu und X1NiCrMoCuN25-20-7 (1.4529) mit 0,5 bis 1,5 % Cu.
<b>Mangan</b>	hat keinen erkennbaren Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit, nur in Verbindung mit Schwefel vermindert es die Beständigkeit gegenüber Lochkorrosion. Mangan ist ein Austenitbildner, es erschwert in austenitischen Chrom-Nickel-Stählen die Umwandlung des Austenits zu Martensit bei Umformungs- oder Tieftemperaturbeanspruchung. Mangan erhöht die Löslichkeit des Austenits für Stickstoff als Legierungselement, ein Beispiel dafür ist der Werkstoff X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4 (1.4565).
<b>Silizium</b>	Verbessert die Zunderbeständigkeit und ist deshalb beispielsweise im hitzebeständigen Werkstoff X15CrNiSi25-21 (1.4841) mit 1,5 bis 2,5 % zulegiert. Höhere Siliziumgehalte verbessern bei bestimmten Beanspruchungen auch die Korrosionsbeständigkeit gegenüber wässrigen Medien, z.B. gegenüber hochkonzentrierter Salpetersäure. Ein Beispiel hierfür ist der austenitische nichtrostende Stahl X1CrNiSi18-15-4 (1.4361) mit 3,7 bis 4,5 % Si. Silizium ist wie Mangan in der Regel als Begleitelement in den nichtrostenden Stählen vorhanden und ein Ferritbildner.
<b>Kohlenstoff</b>	ist das wesentlichste Begleitelement aller Stähle und ein ganz wichtiges Legierungselement bei den martensitischen nichtrostenden Stählen. Als Austenitbildner erweitert er das Austenitgebiet sehr stark. Seine Wirksamkeit bei geringen Gehalten ist hier ca. 30-mal größer als die des Nickels. Aus korrosionschemischen Gründen wird der Kohlenstoffgehalt in den meisten nichtrostenden Stählen jedoch entweder sehr niedrig gehalten oder mit Hilfe der Zusätze Titan oder Niob abgebunden.
<b>Schwefel</b>	Trägt zur Verbesserung der Zerspanbarkeit bei, führt jedoch zu einer Beeinträchtigung der Korrosionsbeständigkeit. Daher sind Automatenstähle wie X8CrNiS18-9 (1.4305) mit typischen Schwefelanteilen von 0,15 – 0,30 % erheblich korrosionsanfälliger als die entsprechenden schwefelarmen Güten mit sonst ähnlicher Zusammensetzung. Diese Automatenstähle sind auch ungeeignet für Gegenstände, die in lang andauerndem engen Hautkontakt (Schmuck, Armbanduhregehäuse etc.) getragen werden sollen. Bei den meisten anderen Güten steht die Korrosionsbeständigkeit im Vordergrund, bei ihnen ist der Schwefelgehalt daher normgemäß auf max. 0,015 oder sogar 0,010 % begrenzt. Die moderne Stahlwerkstechnologie erlaubt darüber hinaus in vielen Fällen eine weitergehende Reduzierung auf typische Werte von unter 0,005 %. Für Produktformen, die üblicherweise zerspanender Bearbeitung unterliegen, dürfen einige Stahlgüten leicht angehobene Schwefelanteile von typischerweise 0,015 – 0,030 % aufweisen. Diese geringfügig erhöhten Schwefelanteile führen nur zu verhältnismäßig geringen Korrosionsbeständigkeitseinbußen; der Korrosionswiderstand übertrifft bei weitem den der zuvor erwähnten Automatenstähle.
<b>Titan</b>	Bindet in ferritischen und austenitischen Stählen Kohlenstoff zu Titankarbid und Stickstoff zu Titanitrid ab und macht den Stahl damit unempfindlicher gegen interkristalline Korrosion.
<b>Niob</b>	Bindet ebenfalls den Kohlenstoff in Chrom- und Chrom-Nickel-Stählen und verhindert somit interkristalline Korrosion.
<b>Vanadium</b>	Wird den härtbaren martensitischen Chromstählen zur Karbidbildung in geringen Mengen zulegiert, um den Stahl gegen Überhitzung unempfindlich zu machen. Es erhöht ferner die Warmfestigkeit.