

Schmiedewerkstoffe für Korrosionsbeanspruchung

Von Dipl.-Ing. W. Wessling und Dipl.-Ing. G. Schubert, Siegen

Die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden, d. h. der rost- und säurebeständigen Stähle, wird zunächst durch den Legierungsgehalt an Chrom bestimmt. Oberhalb von rd. 13% Chrom bildet sich auf der blanken Stahloberfläche eine Sauerstoffadsorptionsschicht, die den Werkstoff vom chemisch löslichen Zustand — aktiv — in den chemisch beständigen Zustand — passiv — überführt. Ein Zulegieren von Molybdän erhöht die Beständigkeit.

Eine weite Anwendung im Maschinen- und Anlagenbau finden die nichtrostenden Chromvergütungsstähle. Sie werden eingesetzt, wenn hochwertige mechanische Eigenschaften, wie z. B. Härte und Verschleißfestigkeit, mit Korrosionsbeständigkeit gepaart sein müssen.

Der die Beständigkeit dieser Stähle bestimmende freie Chromgehalt kann näherungsweise durch die Beziehung

$$C_{\text{frei}} \% = Cr \% - 14,54 \cdot C \%$$

ermittelt werden.

Im gehärteten und entspannten Zustand ist der freie Chromgehalt jeweils am höchsten und damit die Korrosionsbeständigkeit unter statischen Bedingungen am besten, wie beispielhaft das Bild 1 verdeutlicht. Bei etwas höheren Anlaßtemperaturen von 400—600 °C wird ein chromreiches Karbid ausgeschieden und die Korrosionsbeständigkeit sehr nachteilig beeinflusst, da bei den üblichen Haltezeiten von etwa 2 h die durch die Chromkarbidausscheidung entlang der Korngrenzen bedingte Chromverarmung nicht ausgeglichen werden kann. Bei den üblichen Anlaßtemperaturen von 650—780 °C wird in feinsten Verteilung das Karbid $Cr_{23}C_6$ ohne Beeinträchtigung der Korrosionsbeständigkeit ausgeschieden. Bei diesen Vergütetemperaturen werden ebenfalls gute Zähigkeitswerte und die beste

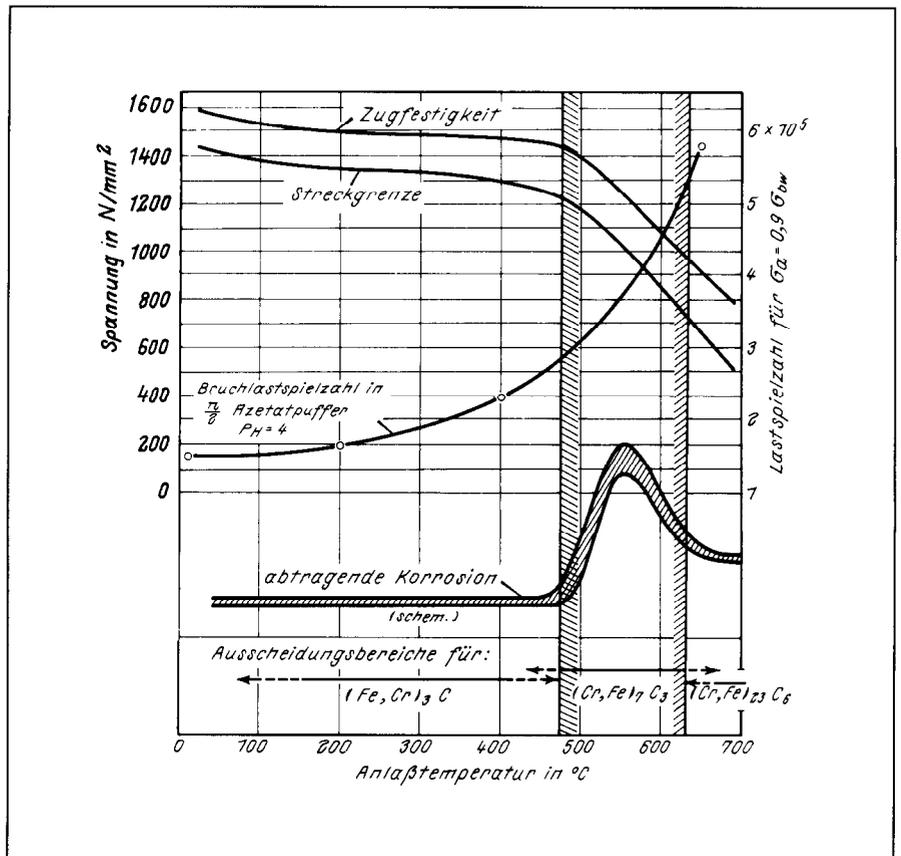


Bild 1: Einfluß der Anlaßbehandlung auf abtragende Korrosion (schematisch) und Korrosionsschwingfestigkeit des Stahles X 20 Cr 13 [1]

Beständigkeit gegen Schwingungsrißkorrosion (siehe Bild 1) eingestellt. Die Vergütbarkeit der Chromstähle bleibt erhalten, wenn wie bei den Stählen X 5 CrNi 13 4 und X 5 CrNi-Mo 16 5 ein Teil des Kohlenstoffs durch einen äquivalenten Nickelanteil ersetzt wird. Es werden vergleichbare Festigkeitseigenschaften in Verbindung mit guten Zähigkeitswerten sowie eine gute Schweißbarkeit erzielt. Die Anlaßtem-

peraturen nach dem Härten sind jedoch auf unter 600 °C zu begrenzen, da oberhalb dieser Temperatur Neubildung von Austenit erfolgt, der bei der Abkühlung wieder in harten, nicht angelassenen Martensit umwandelt.

Stähle mit ca. 13% Chrom sind in Wasser und Dampf beständig, wenn sie im vergüteten Zustand und mit metallisch blanker Oberfläche vorliegen. Sie werden beispielsweise für Dampfturbinen-

schaufeln, Wellen, Bolzen, Kolbenstangen und Pumpenteile eingesetzt.

Ein Molybdänzusatz von 1% erhöht im Zusammenwirken mit Vanadin die Warmfestigkeit, so daß der 12%-CrMoV-Stahl im Turbinenbau bis 600 °C verwendet werden kann.

Eine Erhöhung des Chromgehaltes auf rd. 17% und Zulegieren von Molybdän verbessern die allgemeine Korrosionsbeständigkeit; solche Stähle werden von verdünnten oxidierenden Säuren und Laugen nicht angegriffen. So kann der Stahl X 22 CrNi 17 für mechanisch stark beanspruchte Teile in Molkereien, Brauereien, Hefe-, Stärke- und Papierfabriken sowie für Pumpenteile und Ventile eingesetzt werden.

Infolge seines Chrom- und Molybdängehaltes kann der Stahl X 35 CrMo 17 bei Umgebungstemperatur zusätzlich eine gewisse Beständigkeit in halogenhaltigen Wässern und in der Meerestechnik aufweisen. Er findet u. a. Verwendung für Wellen, Spindeln, Ventile und warmfeste Teile.

Eine weiter verbesserte Korrosionsbeständigkeit wegen des angehobenen freien Chromgehaltes besitzt der gut schweißbare Stahl X 5 CrNiMo 16 5 mit guten Einsatzmöglichkeiten im Maschinen-, Chemie- und Reaktorbau. Die besondere Kavitations- und Erosionsfestigkeit verbunden mit der den austenitischen Stählen ebenbürtigen Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion empfehlen ihn als Turbinenschaufelstahl in chloridverunreinigten Medien bei pH-Werten um 7.

Ein Zulegieren von Kohlenstoff zur Steigerung der Härteannahme senkt über die Abbindung zu Chromkarbiden den freien Chromgehalt und damit die Korrosionsbeständigkeit. So werden die Stähle X 40 Cr 13 und X 90 CrMoV 18 im gehärteten und entspannten Zustand für Wälzlager, Formen für Kunststoffverarbeitung und dergleichen eingesetzt, weil diese Wärmebehandlung neben der hohen Härte die für diese Stähle bestmögliche Korrosionsbeständigkeit bewirkt.

Wird neben guten mechanischen Eigenschaften mit hoher Festigkeit erhöhte Beständigkeit in verdünnten Säuren verlangt, so kann ein martensitischer, aushärtbarer Chromstahl eingesetzt werden. Er ist mit rd. 16% Cr, 4% Ni und 3,5% Cu hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit zwischen einem 17%-Chromvergütungsstahl und einem 18/9-Chrom-Nickel-Stahl einzuordnen.

Austenitische Chrom-Nickel-Stähle zeichnen sich durch eine gute allgemeine Korrosionsbeständigkeit verbunden mit vorzüglichen Verarbeitungseigenschaften aus. In vielen verdünnten organischen und anorganischen Säuren der

Nahrungsmittelherstellung und chemischen Industrie sind unstabilierte oder mit Titan bzw. Niob stabilisierte 18/9-Chrom-Nickel-Stähle hinreichend beständig.

Austenitischer Stahl mit Molybdängehalten über 2% ist der Hauptwerkstoff für den chemischen Apparatebau, besonders für die Textil-, Sulfid-, Zellstoff-, Fettsäure-, Gummi- und Farbenindustrie mit verbesserter Beständigkeit gegen Lochkorrosion bei geringen Chlorverunreinigungen. Er ist außerdem in warmen höher konzentrierten organischen und einigen nichtoxidierenden anorganischen Säuren einsetzbar.

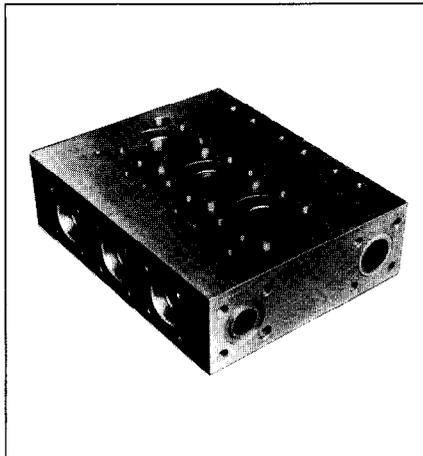


Bild 2: Hochdruckpumpenkörper aus X 2 CrNiMoN 18 13 mit den Schiedemaßen 750 x 570 x 220 mm

Für die besonderen Erfordernisse bei Hochdruckpumpen für das Chemiewesen wurden molybdän- und stickstofflegierte nichtrostende Stähle entwickelt (Bild 2). Sie weisen durch den Stickstoffgehalt ein rein austenitisches Gefüge ohne schädliche Ausscheidungen auf, verbunden mit einer höheren Streckgrenze sowie einer hohen Korrosionsschwingfestigkeit. Z. B. in der Kunstdüngerindustrie bewährt sich der Stahl X 2 CrNiMoN 18 13 in Karbamatlösungen mit niedrigem Harnstoffanteil. Aufgrund seines Molybdängehaltes von ca. 3% besitzt er eine erhöhte Beständigkeit gegenüber nichtoxidierenden Säuren und chloridhaltigen Medien. Der Stahl X 3 CrNiMoN 17 13 5 weist neben hoher Lochfraß-, Spalt- und Spannungsrißkorrosionsbeständigkeit in chloridhaltigen Lösungen wie Meerwasser höchste allgemeine Korrosionsbeständigkeit in vielen organischen Säuren hoher Konzentration und Temperatur auf. Auch in anorganischen Säuren und in Mischsäuren, die sich aus oxidierend und reduzierend wirkenden Medien zusammensetzen, erfährt

der Stahl X 3 CrNiMoN 17 13 5 nur eine geringe Abtragung.

Seine Hauptanwendungsgebiete sind daher der chemische Apparatebau sowie die Meerestechnik.

Wird eine noch größere Korrosionsbeständigkeit gefordert, so bietet sich der austenitische Stahl X 2 NiCrMoCu 25 20 5 an, der eine hohe Resistenz gegenüber zahlreichen organischen und anorganischen Säuren wie Ameisensäure, Zitronensäure und Milchsäure oder Phosphorsäure besitzt. Durch seine Legierungszusammensetzung ist er in Schwefelsäure bei allen Konzentrationen bis ca. 40 °C beständig. Weiterhin zeichnet er sich durch hohe Lochfraß- und weitgehende Spannungsrißkorrosionsbeständigkeit aus und eignet sich somit für die Meerestechnik sowie die chemische und petrochemische Industrie.

Als ferritisch-austenitischer Stahl mit guter Schweißbeignung kann X 2 CrNiMoN 22 5 in einem weiten Abmessungsbereich zur Anwendung gelangen. Das ferritisch-austenitische Gefüge verbindet bei 22% Cr und 3% Mo hohe Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften mit einer guten chemischen Passivität in den meisten organischen Säuren, in Phosphor- sowie in verdünnter Schwefel- und Salpetersäure. Eine hohe Beständigkeit gegen Lochkorrosion in halogenhaltigen Lösungen, wie z. B. doppelkonzentriertem heißen Meerwasser, ist ebenfalls vorhanden. Das ferritisch-austenitische Gefüge begründet eine weitgehende Unempfindlichkeit gegen Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, so daß dieser Stahl für dynamisch beanspruchte Teile wie Ventilatoren, Rührer, Pumpen und Pumpenzubehör in chloridhaltigen Medien geeignet ist.

Literaturnachweis:

- [1] W. Wessling, F. Schmöning, H. E. Bock: SIE & WIR 10/73, Werkzeitschrift der KRUPP SÜDWESTFALEN AG, S. 7-21

Bildnachweis:

Alle Bilder: Krupp Südwestfalen, Siegen.