Verschleissfeste Stähle

Verwendung der Stähle/
Stähle mit besonderen Eigenschaften

20

Technische
Schriftenreihe

Brütsch·Rüegger

Verschleissfeste Stähle

Die Sprachverwirrung fängt schon mit den ersten Begriffen an. Sind Stähle gemeint, die (feste) verschleissen sollen? Was ist denn Verschleiss und warum braucht man dafür Stahl? Auch im Alltag benutzt man häufig den Begriff Verschleiss, ob es die durchgelaufene Schuhsohle, durchgewetzte Jeans, abgefahrene Reifen oder auch verschliessene Gelenke betrifft. Dies zeigt schon, dass man als Verschleiss sowohl bestimmte Vorgänge als auch deren Ergebnis bezeichnet.

Definition

In der Technik versteht man unter Verschleiss die unerwünschte Materialabtragung an der Oberfläche fester Körper durch wiederholten oder fortwährenden Angriff, im allgemeinen mechanischer Art. Das Ausmass der Abtragung – der **Verschleissbetrag** – wird, wie schon erwähnt, auch kurz Verschleiss genannt.

Am Verschleiss sind immer (mindestens) zwei Partner beteiligt: ein Grundkörper und ein Gegenstoff, eventuell kommt ein Zwischenstoff hinzu. Ausserdem sind die Faktoren Bewegung und Belastung zu berücksichtigen. Es können in diesem Beitrag nur einige dieser Aspekte erläutert werden. Im wesentlichen werden hauptsächlich vier **Verschleissmechanismen** unterschieden, die einzeln oder auch kombiniert wirksam werden können:

– Abrasion (Abtragung) ist der Abriebverschleiss, der die Oberfläche mehr oder weniger stark angreift, abträgt und zu hohen Materialverlusten führen kann.

– Adhäsion (Anhaftung) nennt man den Verschleissmechanismus, bei dem durch direkten Kontakt von Körperflächen atomare Bindungen entstehen, welche die Oberflächen aufrauhen und miteinander kalt verschweissen, so dass ein (weiteres) Gleiten verhindert wird. Dies ist das gefürchtete Fressen bei Gleit- oder Schraubpaarungen.

– Oberflächenzerrüttung entsteht bei dynamischen Belastungen, die Oberflächenrisse zur Folge haben, aus denen sich Teilchen lösen, die Löcher oder grübchenartige Ausfressungen hinterlassen und die Oberflächen, beispielsweise von Zahnrädern oder Zahnkränzen, zerstören.

– Tribochemische *) Reaktion kann entstehen, wenn Oberflächenbestandteile der Körper oder Zwischenstoffe chemisch reagieren und beispielsweise Oxide bilden, welche die Oberflächen schädigen.

Diese Mechanismen sagen aber noch nichts über die **Verschleissarten**, unter denen die Mechanismen auftreten. Sie werden nach tribologischer Beanspruchung und Art der beteiligten Körper oder Stoffe unterschieden. Es sollen an dieser Stelle nur beispielhaft die unter dem Aspekt der Stahlanwendung häufigsten Arten genannt werden:

– Gleitverschleiss, bei dem Körper bzw. Stoffe gegeneinander gleiten (z.B. Gleitlager, Türangel),

– Rollverschleiss, wie er bei Eisenbahnschienen und -rädern eintritt,

– Prallverschleiss, der bei Aufprall- und Zerkleinerungsvorgängen oder auch beim Sandstrahlen vorkommt.

Dabei muss jeweils noch berücksichtigt werden, dass Zwischenstoffe eine wesentliche Rolle spielen. Diese können beispielsweise Schmierstoffe, aber auch mineralische Stoffe wie – gewollt eingesetzte oder aus der tribochemischen Reaktion stammende – Schleifmittel sein. Bei den meisten Arten sind mehrere, wenn nicht gar alle der genannten Verschleissmechanismen beteiligt. Diese Aufzählung zeigt, um welch komplexe Materie es sich handelt. Bei verschleissfesten Stählen muss es sich also um solche Stähle handeln, die einen möglichst hohen **Verschleisswiderstand** besitzen. Und es leuchtet ein, dass ein einziger Stahl nicht jeder der möglichen Verschleissarten gerecht werden kann. So verwundert es auch nicht, dass sich dieses Werkstoffgebiet weitgehend einer Normung widersetzt.

Werkstoffeigenschaften

Die an sich naheliegende Annahme, dass ein Stahl hoher Festigkeit oder hoher Härte auch einen hohen Verschleisswiderstand haben müsste, ist nicht richtig – zumindest nicht immer. Zwischen den geläufigen mechanischen Eigenschaften und Kennzahlen der Stähle sowie ihrem Verschleisswiderstand gibt es keine allgemeingültigen Beziehungen!

Härte ist dennoch eine meist unentbehrliche Eigenschaft. Es kommt aber gleichzeitig auch auf gute Zähigkeit an. Je nach Anwendung können daher schon unlegierte, gehärtete bzw. vergütete Stähle guten Verschleisswiderstand bieten. Ebenso können einsatzgehärtete und nitrierte bzw. karbonitrierte sowie partiell induktiv gehärtete Teile hohe Verschleissfestigkeit erlangen. Werkzeuge unterliegen naturgemäss sehr hohem Verschleiss, der allerdings auch wieder andere Gesetzmässigkeiten aufweist.

Für die Härte eines Stahls ist in erster Linie das Eisencarbid (Fe_3C) zuständig. In den meisten, vor allem den legierten Stählen befinden sich aber weitere Carbidbildner, zu denen vor allem Chrom, Molybdän, Vanadium, Niob und Titan gehören. Sowohl das Eisencarbid kann mit anderen Carbiden Doppelcarbide bilden, wie auch die anderen Carbide sich untereinander mischen und ihrerseits mit Eisencarbid neue Komplexcarbide hervorbringen können. Normalerweise soll in einem Stahl bei allen Temperaturen ein Gleichgewicht bestehen. Dieses Gleichgewicht wird aber im Einsatz oftmals gestört, vor allem durch nur kurzzeitige Erwärmung, so dass der Gleichgewichtszustand ausser Kontrolle gerät. Wie sich diese ausserordentlich komplizierten Zusammenhänge letztlich auswirken, bleibt vielfach unerkannt.

Das Fazit aus diesen Betrachtungen: Strenggenommen gibt es die verschleissfesten Stähle eigentlich gar nicht. Bei der Auswahl der geeigneten Stähle für spezifische Verwendung sind Erfahrungen, aber auch Versuche unter echten Betriebsbedingungen die besten Ratgeber.

Stahlsorten

Trotzdem soll versucht werden, einen groben Überblick über Stähle mit gutem oder hohem Verschleisswiderstand zu geben.

Von besonderem Interesse ist der Manganhartstahl X120Mn12 (WNr. 1.3401), den es schon recht lange gibt, und den man als einen klassischen verschleissfesten Stahl bezeichnen kann. Es handelt sich um einen austenitischen Stahl mit 1,2 % C und 12 % Mn, der abgeschreckt geliefert wird. Er ist in diesem Zustand nicht hart, sondern weich und zäh. Dabei kommt es nicht so sehr auf die Temperatur an, aus der abgeschreckt wird, sondern mehr noch auf die Abkühlgeschwindigkeit. Der Austenit wandelt sich unter Druck- und Schlagbelastung nach und nach in das Härtegefüge Martensit.

Bei jeder Kaltverformung jedoch und bei schlagender Beanspruchung verfestigt er sich zunehmend und wird sehr widerstandsfähig gegen Gleit- und Prallverschleiss, während seine Zähigkeit erhalten bleibt. Gegen reibenden Verschleiss ist jedoch seine Beständigkeit gering. Spanend ist er nur schwer zu bearbeiten. Er wird überwiegend als Blech und Stabstahl erzeugt, wird aber vorteilhaft auch als Formguss eingesetzt. Eine ähnliche Legierung (X110Mn14) wird als Schweisszusatz für Auftragsschweissungen (Aufpanzerungen) verwendet.

Die bevorzugten Anwendungsgebiete sind Schlagelemente in Schlag- und Schleudermühlen, Brechbacken (Steinindustrie), Baggerzähne, aber auch einbruch- und schusssichere Panzerplatten.

In der Praxis werden auch unlegierte Stähle wie zum Beispiel C 60 sowie die als Federstähle geführten C 67 und C 75 für viele Verwendungszwecke eingesetzt. Gegen Rollverschleiss ist der klassische Wälzlagerstahl 102Cr6 (früher 100Cr6) WNr. 1.2067 sehr widerstandsfähig. Hinzu kommen eine Anzahl von verschleissbeständigen Werkzeugstählen.

In jüngerer Zeit wurden leicht- bzw. mikrolegierte Stahlsorten (vgl. Tabelle in Abbildung 94) entwickelt, die sich insbesondere im Baumaschinensektor bewährt haben. Es sind einerseits Stähle mit relativ niedrigen C-Gehalten von 0,23 bis max. 0,3 %, zum anderen Stähle mit C-Gehalten um etwa 0,20 %. Alle haben kleine bis mittlere Si- und Mn-Anteile sowie relativ niedrige Cr- Gehalte. In einigen Sorten ist noch Mo (Anlassbeständigkeit und Carbidbildung) und Ni (Zähigkeit) enthalten. Ein Teil der Stähle ist mikrolegiert mit Kombinationen von Niob + Titan + Vanadium (zusammen unter 0,2 % Massenanteil). Ihre Wirksamkeit beruht hauptsächlich auf den Komplex-Carbiden. Einige Stähle enthalten Bor, das die Durchhärtung verbessert.
Einige Stähle werden normalgeglüht, die übrigen abgeschreckt geliefert. Es handelt sich um Feinkornstähle, die grösstenteils schweissbar sind. Ein weiterer Vorteil liegt in der relativ guten Bearbeitbarkeit.

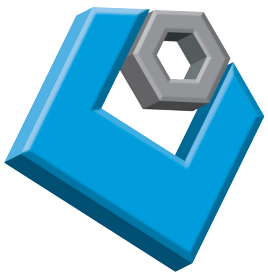
Wer gut schmiert...
An dieser Stelle ist zunächst noch einmal auf die tribochemische Reaktion hinzuweisen. Die mechanischen Verschleissursachen sind an sich einleuchtend. Die chemische Einwirkung von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf aus der Luft ist erstaunlich gross. Die Erwärmung an den Reibstellen ist zwar oftmals nur sehr kurzzeitig, sie kann aber sehr hohe Temperaturen, sogar bis um 1000 °C erreichen! Bei solchen Temperaturen laufen – ganz abgesehen von Veränderungen im Stahlgefüge – chemische Reaktionen ab. Wenn man sich vorstellt, dass der Abrieb an den Schleissstellen aus kleinsten Teilchen besteht, kann man vestehen, dass die Oberflächen dort auch Gase absorbieren, die geeignet sind, in der Oberfläche Schäden anzurichten, die ihrerseits den Verschleiss beschleunigen. Es bilden sich unter diesen Umständen Oxide und Nitride, die oftmals härter sind als die Oberflächen, folglich schmirgelnde Wirkung entfalten.
In diesem Zusammenhang haben die Schmiermittel weniger die Aufgabe, das Gleiten der Schleissflächen zu erleichtern, sondern sie schützen sie vor dem Zutritt der Gase aus der Umgebungsluft und mindern so den Verschleiss ganz erheblich.

*) Tribologie (von griech. tribé = das Reiben) ist die in den letzten Jahrzehnten bedeutsam gewordene Wissenschaft und Lehre von technischer Reibung, Verschleiss und Schmierung von gegeneinander bewegten Körpern und Stoffen.

94 Die Tabelle gibt einen Überblick über die relativ jungen verschleissfesten Feinkornstähle, die vor allem im Baumaschinensektor ein breites Anwendungsfeld haben.

WNr.	Kurzname	Liefer-zustand [1]	Zusätze [2]	Carbidbildende	Bor-Zusatz
1.8701	20MnCr5-3	N			
1.8702	21MnCr5-4	N			
1.8703	20MnCr6-4	N		Mo, V, Nb+Ti+V	
1.8704	20MnCr6-5	N		Mo, Nb+Ti+V	
1.8705	21MnCr6-5	N		Mo, Nb+Ti+V	
1.8706	21MnCr7-5	N		Mo, Nb+Ti+V	
1.8708	20MnCrNiMo6-3	N			
1.8711	21MnCr4-3	Q		Mo	
1.8712	16MnCr5-3	Q			*
1.8714	23MnCr4-3	Q		Mo	
1.8715	17MnCr5-3	Q		Mo, V, Nb	*
1.8716	16MnCrMo3-2	Q		V, Ti	*
1.8717	16MnCrMo4-3	Q		V	*
1.8718	17MnCrMo5-5	Q		V	
1.8719	15MnCrMo3-2	Q		V	*
1.8720	18MnCr5-3	Q			*
1.8721	26MnCr6-3	Q		Mo, V, Nb	*
1.8731	25MnCr4-3	Q		Mo	
1.8734	28MnCr4-3	Q		Mo	

[1] N = normalgeglüht, Q = abgeschreckt
[2] soweit nicht aus dem Kurznamen zu ersehen



07/05/HAE
Quelle: Stahlreport 6/00

Brütsch·Rüegger

Brütsch/Rüegger AG
Stahlrohre/Tubes en acier
Postfach, Althardstrasse 83, 8105 Regensdorf
Tel. +41 (0)44 871 34 34, Fax +41 (0)44 871 34 99
Internet: www.brr.ch, E-Mail: info@brr.ch