

Technische Information

Verschleißfeste Stähle



VERSCHLEISSFESTE STÄHLE

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 aufrauen 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.

*) 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.

VERSCHLEISSFESTE STÄHLE

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 welche komplexe Materie es sich handelt. Bei verschleiß-festen 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 Carbiddbildner, 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.

VERSCHLEISSFESTE STÄHLE

Stahlsorten

Trotzdem soll versucht werden, einen groben Überblick über Stähle mit gutem oder hohem Verschleißwiderstand zu geben. Von besonderem Interesse ist der Manganhartstahl X120Mn12 (W.Nr. 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) W.Nr. 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 Schleifstellen aus kleinsten Teilchen besteht, kann man verstehen, dass die Oberflächen dort auch Gase absorbieren, die geeignet sind, in der Oberfläche Schäden

VERSCHLEISSFESTE STÄHLE

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 Schleifflächen zu erleichtern, sondern sie schützen sie vor dem Zutritt der Gase aus der Umgebungsluft und mindern so den Verschleiß ganz erheblich.

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

WNr.	Kurzname Zustand ¹⁾	Liefer- 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