

Stähle für Verschleißbeanspruchung

Von Dipl.-Ing. Dieter Frodl, Siegen

Wenn es in jüngster Zeit auch gelungen ist, Fortschritte zu erzielen in der Klassifizierung von Verschleißmechanismen und -arten [1, 2, 3] ebenso wie in der Verschleißforschung und der Übertragung von Laborergebnissen auf Bauteile [3], so bleibt der Verschleiß weiterhin eines der größten Probleme im Maschinenbau. In [3] wird unter Bezug auf einen BMFT-Forschungsbericht mitgeteilt, daß allein in der Bundesrepublik Deutschland die jährlichen Kosten durch Materialverlust, Betriebsausfall und Instandhaltung infolge Erosion und Abrasion auf 5 Milliarden DM für die Industriezweige Bergbau, Hüttenwesen, Kunststoffverarbeitung und Sonstiges „wie Zerkleinern“ geschätzt werden, in [7] werden die gesamten Verschleißschäden in der Bundesrepublik

Deutschland sogar auf 10 Milliarden DM pro Jahr veranschlagt.

Im Hinblick auf die knapper werdenden Rohstoffe wird der Materialverlust durch Verschleiß als ernst angesehen, da er keinem Recycling-Prozeß mehr zugeführt werden kann.

In der Neuausgabe der DIN 50 320 vom Dezember 1979 wird Verschleiß so definiert [1]:

„Verschleiß ist der fortschreitende Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d. h. Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers.“

Aus den dieser Begriffsbestimmung folgenden Hinweisen zur Oberflächenbeanspruchung im Verschleißfall (tribolo-

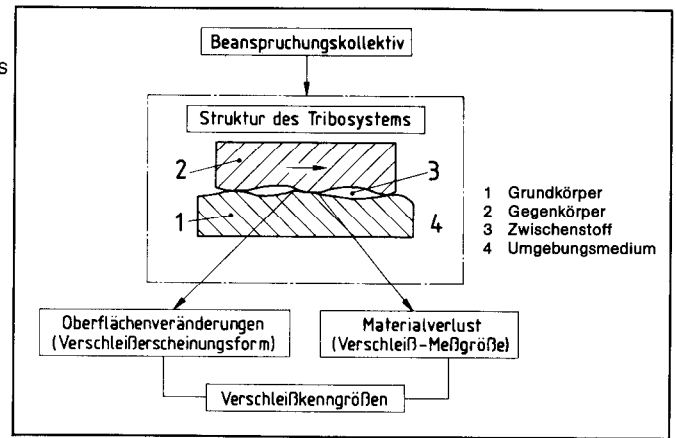
gische Beanspruchung), zur Verschleißerscheinung und zur Abgrenzung von (unerwünschtem) Verschleiß gegen z. B. erwünschte Einlaufvorgänge läßt sich ersehen, daß Verschleiß ein komplexer Vorgang ist, der mit einer knappen Definition nicht vollständig beschrieben werden kann. Die neue Norm hat sich zum Ziel gesetzt, eine allgemein anerkannte Terminologie auf dem Verschleißgebiet zu schaffen und zu einer einheitlichen Betrachtungsweise der Verschleißfälle zu verhelfen. Aus diesem Grunde sollte zukünftig die DIN 50 320 beachtet werden, zumal man sich dadurch auch eine wirksamere Verschleißbekämpfung verspricht.

Verschleiß tritt an Bauteilen auf, deren technische Funktion mit tribologischen Beanspruchungen verbunden ist, wie

beispielsweise bei der Kraftübertragung durch Zahnradgetriebe oder beim Materialtransport. Im Gegensatz z. B. zur Zugfestigkeit eines Stahles, die bei gegebener Zusammensetzung ein Werkstoffkennwert ist, ist das Verschleißverhalten eindeutig keiner, sondern eine Systemeigenschaft. Bei Änderungen im System ändert sich auch das Verschleißverhalten. Ein tribologisches System ist schematisch in *Bild 1* enthalten.

Eine Gliederung des Verschleißgebietes kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Die Beschreibung des Reibungszustandes (Festkörperreibung, Mischreibung usw.) reicht nicht für alle Verschleißvorgänge aus. Gliedert man nach Beanspruchungsarten auf, so erhält man je nach tribologischer Beanspruchung unterschiedliche Verschleißarten (Gleit-, Roll-, Stoß-, Wälzverschleiß usw.). Eine Aufgliederung nach den vier Hauptverschleißmechanismen (Adhäsion, Abrasion, Oberflächenzerrüttung und tribochemische Reaktionen) berücksichtigt die mehr elementaren Grundvorgänge des Verschleißes.

Bild 1: Schematische Darstellung eines tribologischen Systems (n. DIN 50 320)



Beim einzelnen Verschleißfall können diese Mechanismen einzeln, kombiniert oder sogar abwechselnd auftreten. In der Praxis liegt in mehr als 50% aller Fälle abrasiver Verschleiß vor [5]. Einige typische Verschleißerscheinungsformen sind Fresser, Löcher, Riefen, Mulden, Grübchen und Reaktionsprodukte wie Schichten oder Partikel.

Gesenkschmiedestücke aus verschleißfesten Stählen werden in vielen Bereichen im Maschinen- und Anlagenbau verwendet, z. B. im Bergbau, bei der Eisenbahn, beim Materialtransport, für Getriebe, Pumpen usw. Die Auswahl von auf Verschleiß beanspruchten Stählen für den einzelnen Konstruktionsfall geschah in der Vergangenheit aufgrund von Erfahrungen und dies wird auch in naher Zukunft so bleiben (z. B. [5]).

Das Verschleißverhalten eines Bauteiles kann praktisch nur im Betriebsversuch richtig ermittelt werden. Dies hat natürlich den Nachteil, daß solche Versuche sehr aufwendig sind, sowohl im Hinblick auf Kosten als auch auf Zeit, und daß die verschiedenen Einflüsse fast nie unabhängig voneinander verändert und untersucht werden können. In [3] wird allerdings gezeigt, daß man in bestimmten Fällen auch im Laborversuch, der eine Änderung des tribologischen Systems zur Folge hat, gute Voraussagen auf das Verschleißverhalten im Betrieb machen kann. Dies setzt allerdings viel Erfahrung voraus.

In der Bundesrepublik Deutschland sind Stähle für eine Verschleißbeanspruchung nicht genormt. Eine Zusammenstellung findet man z. B. in [4] und in den Katalogen der Stahlhersteller. Für verschleißbeanspruchte Gesenkschmiedeteile werden die unterschiedlichsten Stähle verwendet. Auch ihre Wärme- bzw. Oberflächenbehandlung kann dabei je nach Anwendungsfall und aufgrund von Erfahrungen sehr verschieden sein. Es ist praktisch nicht möglich, allgemein gültige Empfehlungen auszusprechen und selbst so gesicherte Erkenntnisse, wie das Ansteigen des Verschleißwiderstandes mit dem Kohlenstoffgehalt und der Härte eines Stahles oder das bessere Verhalten eines martensitischen gegenüber einem bainitischen oder perlitischen Gefüge, müssen im Einzelfall keine Gültigkeit besitzen [6, 7, 8].

Gesenkschmiedeteil	Verwendete Stähle Kurzbezeichnung	Mittl. chem. Zusammensetzung in %						Wärmebehandlungs- zustand
		C	Mn	Cr	Mo	Ni	V	
Kratzerzahn für Transport- einrichtung	C 45, CK 45	.45	.65					vergütet vergütet gehärtet
	C 60	.60	.75					
	X 5 CrNi 18 9	.05		18		9		
Transport- förderkette	16 MnCr 5	.16	1.15	.95				einsatz- gehärtet einsatz- gehärtet vergütet vergütet
	25 CrMo 4	.25	.65	1.05	.25			
	X 20 Cr 13	.20		13				
	40 Mn 4 42 MnV 7	.40 .42	1 1.75				.10	
Kolbenstange	42 CrMo 4	.42	.65	1.05	.25			vergütet, hart- verchromt
Bohrmeißel Bohrmeißel- halter	50 CrV 4	.50	.90	1.05			.15	vergütet vergütet
	42 CrMo 4	.42	.65	1.05	.25			
Baggerzähne	34 CrNiMo 6	.34	.55	1.55	.25	1.55		vergütet vergütet vergütet
	30 CrMnNiMo 6 5	.30	1.25	1.5	.15	.40		
	30 MnCrB 4	.30	1.15	.35			+ Bor	
Pflugschar- messer	65 SiCr 6	.65	.85	.30			1.5 Si	vergütet
Schleuder- radwelle	X 150 Cr 13	1.50		13				vergütet
Antriebs- kegelrad Tellerrad	25 MoCr 4	.25	.75	.50	.45			einsatz- gehärtet einsatz- gehärtet einsatz- gehärtet
	20 MoCr 4	.20	.75	.40	.45			
Ausgleichs- kegelrad	20 NiMoCr 6 5	.20	.60	.70	.35	1.5	.50 Si	
Mahlkugeln	100 Cr 6	1.0		1.5				vergütet vergütet
	100 CrMn 6	1.0	1.1	1.5				

Tafel 1: Für verschleißbeanspruchte Gesenkschmiedestücke verwendete Stähle

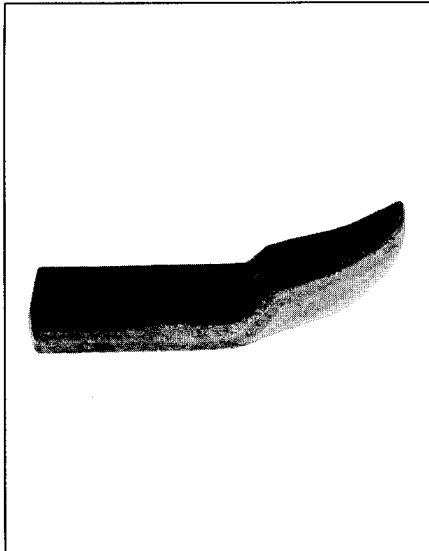


Bild 2: Kratzerzahn

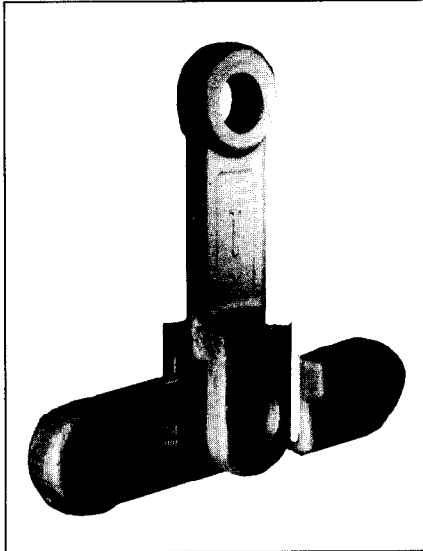


Bild 3: Trogkettenglieder

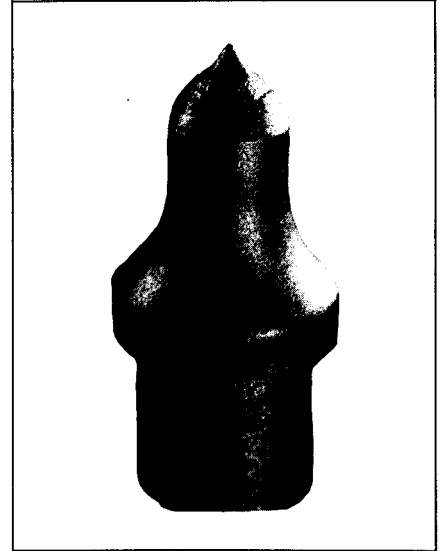


Bild 4: Rundschaftmeißel

Wenn Vergütungsstähle benutzt werden, so stellt man beim Vergüten normalerweise höhere Festigkeiten ein, als dies sonst der Fall ist. Nach dem Härten wird entweder nur entspannt bei Temperaturen um 200 °C oder man läßt je nach Stahlsorte und Anwendung zwischen 200 und 400 °C an.

Da im Verschleißfall die Hauptbeanspruchung in der Oberfläche eines Bauteiles liegt, reicht es in vielen Fällen aus, wenn man eine Oberflächenbehandlung vornimmt [7, 8]. Oberflächen- bzw. Randschichthärten, Einsatzhärten und Nitrieren können ebenso angewendet werden wie Borieren, Vanadieren, Hartverchromen, Auftragsschweißen, Spritzen usw. Beim Einsatzhärten gelangen neben typischen Einsatzstählen auch Vergütungsstähle mit höheren Kohlenstoffgehalten zur Anwendung, wenn von der Belastung her höhere Festigkeiten für den Kern des Bauteiles notwendig sind.

In der *Tafel 1*, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben will, sind für einige typische auf Verschleiß beanspruchte Gesenkschmiedeteile die verwendeten Stahlsorten genannt. Diese Zusammenstellung kann nur einen knappen und unvollständigen Überblick über das sehr komplizierte und komplexe Gebiet der Verschleißbekämpfung wiedergeben. Die *Bilder 2 bis 4* zeigen beispielhaft einige der in *Tafel 1* genannten Teile. *Bild 5* vermittelt einen Eindruck von dem Einsatz der Rundschaftmeißel (*Bild 4*) in Teilschnittmaschinen im Bergbau und Tunnelbau.

Nachdem in den letzten Jahren in wesentlichen Punkten auch international Einigung über Begriffe und Vorgehensweisen erzielt wurde, ist zu hoffen, daß die Verschleißforschung in der Zukunft schneller vorankommen wird.

Literaturnachweis:

- [1] DIN 50 320, Dezember 1979: Verschleiß, Begriffe
- [2] Krause, H., und J. Scholten: Verschleißgrundlagen und systematische Behandlung. VDI-Z 121 (1979) Nr. 15/16, S. 799—806.
- [3] Uetz, H., K. Sommer und M. A. Khosrawi: Übertragbarkeit von Versuchs- und Prüfergebnissen bei abrasiver Verschleißbeanspruchung auf Bauteile. VDI-Berichte Nr. 354, 1979, S. 107—124.
- [4] Baustähle der Welt, Band III: Sonderstähle. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 19/2, S. 67—91.
- [5] Smart, R. F., und J. C. Moore: Materials Selection for Wear Resistance. *Wear* 58 (1979), S. 55—67.

- [6] Zum Gahr, K.-H.: Werkstoffgefüge und abrasives Verschleißverhalten metallischer Werkstoffe. *HTM* 35 (1980) 4, S. 182—191.
- [7] Kloos, K.-H.: Werkstoffauswahl und Oberflächenbehandlung unter tribologischen Gesichtspunkten. *Z. Werkstofftech.* 10 (1979), S. 456—466.
- [8] Stolte, E.: Verschleiß und Verschleißwiderstand von Stählen. *Tech. Mitt. Krupp — Werksberichte* 37 (1979) 3, S. 67—78.

Bildnachweis:

- Bild 1: DIN 50 320;
 Bilder 2 bis 4: Carl Falkenroth Söhne, Schalksmühle;
 Bild 5: Krupp Widia, Essen.

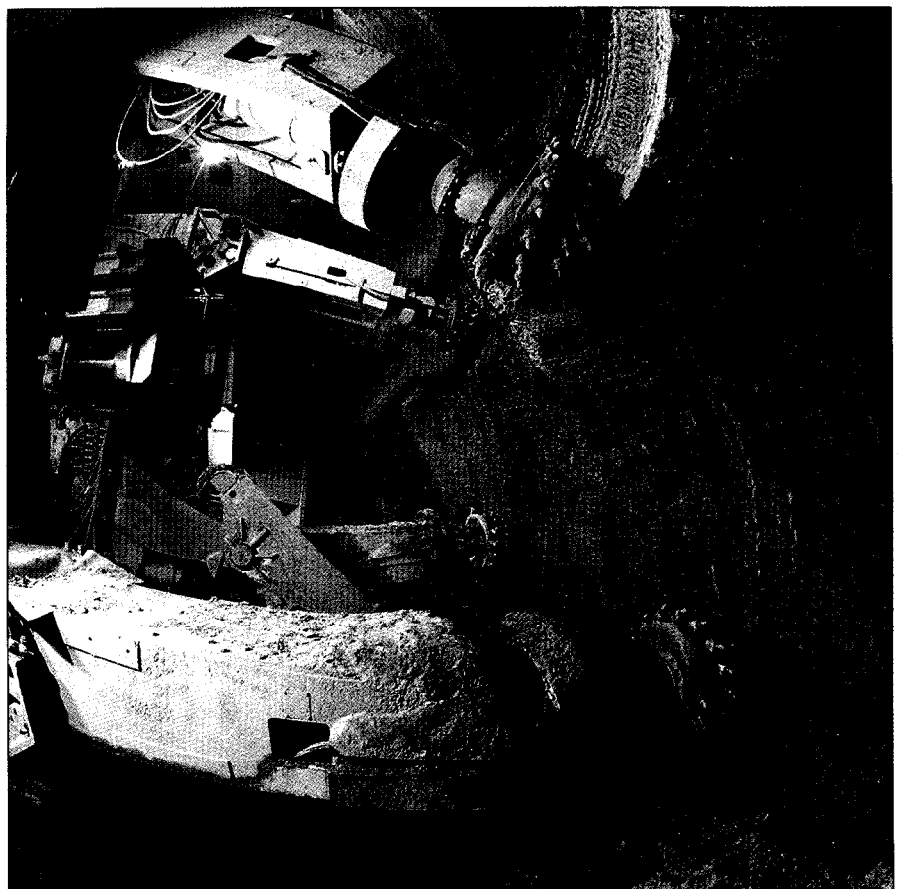


Bild 5: Mit Rundschaftmeißeln bestückte Werkzeugköpfe von Teilschnittmaschinen