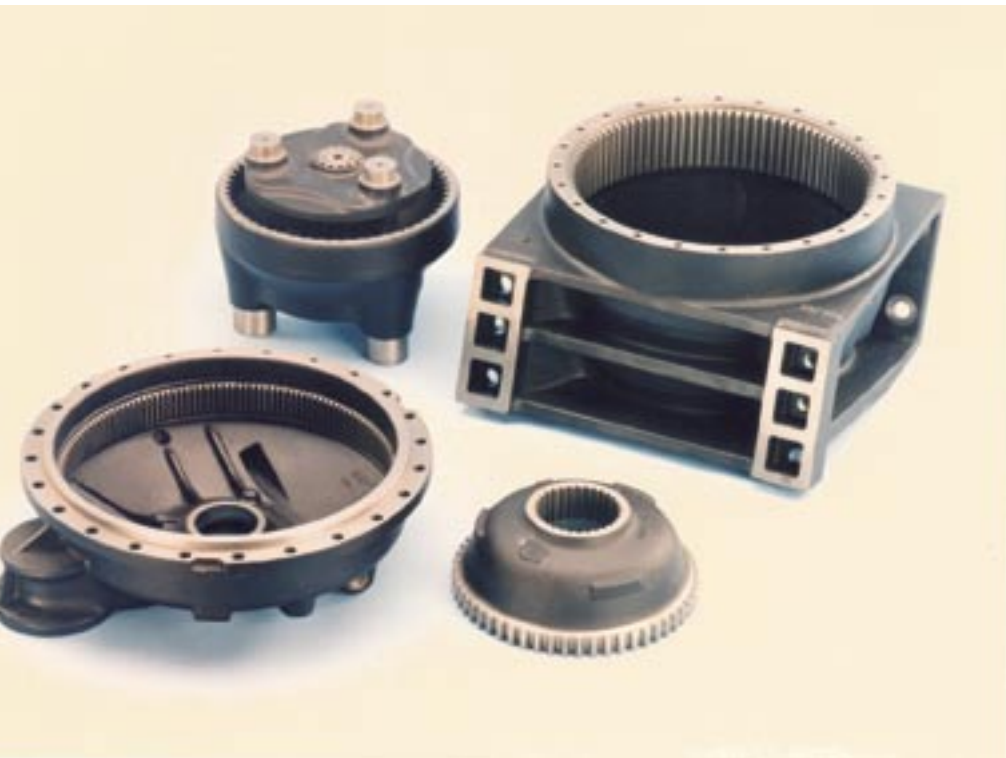


Die Härte allein macht es nicht

Gusseisenwerkstoffe für Verschleißbeanspruchung



Reibung und Verschleiß haben nicht nur technische, sondern auch massive wirtschaftliche Relevanz. Etwa 3 % des Bruttosozialproduktes der Bundesrepublik Deutschland sollen laut einer Studie des BMFT durch Werkstoffverschleiß vernichtet werden. Der wirtschaftliche Schaden umfasst nicht nur den notwendigen Ersatz für verschlissene Bauteile. Der Austausch von Verschleißteilen bedeutet auch Stillstandszeiten und hieraus entstehende Verluste. Daher ist das Interesse an verschleißfesten Werkstoffen hoch.

Das Thema Verschleißbeanspruchung ist äußerst komplex. So gibt es keinen Werkstoffkennwert, der die Verschleißfestigkeit eines Werkstoffs

■ Die individuelle Verschleißbeanspruchung bestimmt die Werkstoffauswahl ■

charakterisiert. Das Verschleißverhalten hängt immer vom sogenannten Tribosystem ab. Dieses umfasst neben dem Grundkörper und dem Gegenkörper, auf den die Beanspruchung wirkt, auch die dazwischen liegende Zwischenschicht. Auch das Umgebungsmedium hat einen Einfluss auf den Verschleiß und ist Teil des Systems, was die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Standardtests auf reale Systeme oder aus einem auf ein anderes Tribosystem erschwert. Ein systematischer Ansatz, das Phänomen Verschleiß anzugehen, ist die Unterscheidung von vier Haupterscheinungsformen, nämlich Abrasion, Adhäsion, tribochemische Reaktion und Oberflächenermüdung. Diese Grundmechanismen lassen sich in verschiedenen Kombinationen bei allen Verschleißphänomenen beobachten. Die Frage, welche Werkstoffwahl die richtige ist, hängt davon ab, welcher Verschleißme-

chanismus der vorherrschende ist und welche Beanspruchungen neben dem Verschleiß noch wirken. In diesem Umfeld bieten Gusseisenwerkstoffe für unterschiedlichste Aufgabenstellungen interessante Lösungen.

Gusseisenwerkstoffe bieten sich an

Bei einigen Anwendungen ist ein höherer Widerstand gegen Verschleiß nur in einem begrenzten Bereich eines Bauteils nötig. Beispiele hierfür sind die im Bild 1 gezeigten Teile des Antriebs eines Betonmischfahrzeugs, die überwiegend aus EN-GJS-700-2 gefertigt werden. Hier wird im Bereich hochbelasteter Verzahnungen auf der Basis des perlitischen Grundwerkstoffs durch induktives Härten lokal ein martensitisches Gefüge eingestellt. Dieses martensitische Gefüge reduziert den Verschleiß im Bereich der Verzahnung deutlich.

Bei stärkerer Verschleißbeanspruchung bietet sich die Gruppe der ADI-Werkstoffe an, die in DIN EN 1564 definiert wird. Diese speziell wärmebehandelten Gusseisenwerkstoffe mit einer ausferritischen Matrix werden nicht nur durch hohe Festigkeiten, sondern auch durch einen hohen Widerstand gegen Verschleiß charakterisiert. Auffällig ist bei dieser Werkstoffgruppe, dass das Verschleißverhalten nur unzureichend durch die Härte charakterisiert wird.

Auch bei nur mittleren Härtewerten zeigen ADI-Werkstoffe einen hohen Widerstand gegen Verschleiß. In Stift-Scheibe-Versuchen wurde der Materialabtrag unterschiedlicher Werkstoffe er-



Bild 2: Antriebsrad für einen Bodenverdichter, aus Gründen der Geräuschreduzierung aus ADI (EN-GJS-1000-5)



Bild 3: Die Verschleißfinger (a) kommen in den Abscheiderotoren (b) eines Mähreschers (c) zum Einsatz; Vergleich des Verschleißverhaltens bei der Reisernte für identische Verschleißbedingungen: (a) links Verschleißfinger aus EN-GJS-600-3, (a) rechts aus karbidischem ADI (CADI)

mittelt und in Abhängigkeit von der Härte der Werkstoffe aufgetragen. Zwar gilt innerhalb einer Werkstoffgruppe, dass der Werkstoffverschleiß mit steigender Härte sinkt. Eine Übertragbarkeit des Verschleißverhaltens auf andere Werkstoffe gleicher Härte ist jedoch nicht möglich. Bei gleicher Härte zeigen Werkstoffe ganz unterschiedlichen Materialabtrag.

Die Ursache für den hervorragenden Widerstand von ADI gegen Verschleiß ist eine deutliche Verfestigung einer dünnen Oberflächenschicht unter einer Verschleißbeanspruchung und ein damit verbundener Härteanstieg in dieser Schicht. Makrohärteprüfungen nach Brinell oder Rockwell messen integral über ein größeres Volumen, vom Verschleiß betroffen ist jedoch nur die sehr dünne verfestigte Randschicht. Die Makrohärte ist daher zur Charakterisierung der Verschleißverhaltens von ADI-Werkstoffen irreführend. Das Ausmaß der Verfestigung der Randschicht hängt von der individuellen Belastung innerhalb des Tribosystems ab.

ADI-Werkstoffe für Getriebeanwendungen

Bei Zahnradanwendungen kommt das beschriebene Verfestigungsverhalten stark zum Tragen, da die Zahnradflanken hohen Normalkräften ausgesetzt sind. Daneben macht sich bei diesen Anwendungen die Ermüdungsfestigkeit vor allem der ADI-Werkstoffe mittlerer Festigkeit positiv bemerkbar, da diese Werkstoffeigenschaft die Gefahr von Oberflächenermüdung reduziert. Diese Gründe ebenso wie die hohe Materialdämpfung von ADI haben dazu geführt, dass ADI-Werkstoffe sich im Getriebebau etabliert

haben. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist das in Bild 2 gezeigte Antriebszahnrad für einen Bodenverdichter.

Aber auch für Verschleißteile wie Pflugscharren, Baggerzähne oder Kettenglieder hat sich ADI in den USA als Werkstoff durchgesetzt. Hierfür werden insbesondere die hochfesten ADI-Sorten eingesetzt, die eine preiswerte Alternative zu verschleißfesten Stählen bieten.

CADI – hart und zäh

Eine neuere Entwicklung ist die des CADI, des sogenannten karbidischen ADI (carbide austempered ductile iron). Diese bisher nicht standardisierten Werkstoffe sind zäher als die weißen, verschleißbeständigen Gusseisensorten. Hier werden harte Sonderkarbide in eine ausferritische Mikrostruktur eingebracht, um so den Widerstand gegen Abrasivverschleiß zu steigern.

Die Kombination aus hohem Widerstand gegen Abrasivverschleiß und einer gewissen Zähigkeit war ausschlaggebend für die Wahl von CADI als Werkstoff für die so genannten Verschleißfinger (Bild 3). Die Verschleißfinger werden als Fördererelement auf die Abscheiderotoren eines Mähreschers geschraubt. Die Rotoren fördern das Stroh und übernehmen die Restkornabscheidung der noch im Stroh verbliebenen Körner. Während für die Ernte von Getreide der Verschleißwiderstand eines konventionellen EN-GJS-600-3 ausreichend ist, findet man bei der Reisernte einen starken Verschleiß der Bauteile. Dieser Abrasivverschleiß wird durch harte mineralische Partikel aus dem Erdreich verursacht, die häufig am Erntegut haften. Ziel einer Werkstoffsubstitution war es, einen Werkstoff zu finden, der einerseits diesem Abrasivverschleiß

standhält, andererseits aber auch nicht bricht, wenn kleinere Steine mit in den Fördertrieb gelangen und gegen die Verschleißfinger prallen. CADI hat sich in der Erprobung hier hervorragend bewährt, so dass er nun für die Maschinen, die besonders starkem Verschleiß ausgesetzt sind, eingeführt wird. ADI- und CADI-Werkstoffe bieten Potenzial für eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich Fördertechnik.

Wenn reiner Abrasiv-Verschleiß vorliegt

Ist die vorherrschende Beanspruchung reiner Abrasiv-Verschleiß, so werden häufig weiße verschleißbeständige Gusseisensorten eingesetzt. Bei diesen Werkstoffen scheidet sich der Kohlenstoff nicht in Form von Graphit, sondern in Form von harten Eisen- oder Sonderkarbiden aus. Hauptlegierungsbestandteil dieser Werkstoffe ist neben Chrom das Element Nickel, weshalb diese Werkstoffe auch unter dem Handelsname Ni-Resist bekannt sind.

Mit diesen in DIN EN 12513 definierten Werkstoffen lassen sich Härten bis zu 600 HV erreichen. Damit treten diese Gusseisensorten in Konkurrenz zu verschleißbeständigen Vergütungs- oder Manganhartstahlsorten und sind hier häufig die wirtschaftlichere Alternative. Sie werden z. B. eingesetzt für Panzerpumpen, Zerkleinerungsmaschinen oder Mühlen. Die Zähigkeit dieser sehr harten Werkstoffe ist allerdings begrenzt und auch die Bearbeitbarkeit ist eingeschränkt.

Damit bieten Gusseisenwerkstoffe für eine Vielzahl von Verschleißbeanspruchungen gleichermaßen technisch interessante wie wirtschaftliche Lösungen. Für die Wahl des richtigen Werkstoffs spielt dabei allerdings immer die individuelle Verschleißbeanspruchung eine wichtige Rolle. Eine hohe Härte allein muss nicht immer der Schlüssel zum Erfolg eines Bauteils sein.

Zum ADI-Gusseisenwerkstoff

ADI (Austempered Ductile Iron) bezeichnet einen wärmebehandelten duktilen Sphäroguss, der bei gleicher Bruchdehnung eine doppelt so hohe Festigkeit und Dauerfestigkeit wie konventionelles Gusseisen mit Kugelgraphit, sowie eine signifikant höhere Verschleißfestigkeit besitzt. Dabei bietet ADI viele Vorteile. So lässt sich durch gezielte Variation der Wärmebehandlungsparameter der für den jeweiligen Anwendungsfall optimale Gusseisenwerkstoff designen. Zwischen 800 N/mm² mit mind. 8% Dehnung und 1600 N/mm² mit ca. 1% Dehnung bei hoher Verschleißfestigkeit ergibt sich ein weites Einsatzspektrum.