

Verschleißschutz in der Ziegelindustrie

Dr. Helmut Riegger, Dr. Wolfgang Wahl

Bei der Verarbeitung grobkeramischer Materialien tritt erheblicher Verschleiß an den Maschinenbauelementen auf. Um diesem Verschleiß zu begegnen, werden eine Analyse des Verschleißsystems und die entsprechenden konstruktiven und werkstofftechnischen Maßnahmen empfohlen. Zur Verschleißbekämpfung werden Hartguss, Auftragschweißwerkstoffe, Verbundplatten, Verbundguss und Kompositlegierungen als maßgeschneiderte Lösungen eingesetzt. Die Vorteile der einzelnen Werkstofflösungen werden beschrieben.

1 Einleitung

Verschleiß bedeutet den fortschreitenden Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanischen Abtrag auf Grund von Kontakt mit festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen. Verschleiß äußert sich im Auftreten von losgelösten kleinen Teilchen, den Verschleißpartikeln, und in Stoff- und Formänderung der Oberflächenschicht. Bei allen Verschleißvorgängen ist eine mechanisch eingeleitete Energie unterschiedlicher Höhe die wesentliche Ursache.

Die möglichen Verschleißpaarungen sind in allgemeiner Form in Bild 1 dargestellt. Ein Verschleißsystem beinhaltet immer einen Grundkörper (1), der Teil der Maschinenkonstruktion ist und dem Verschleiß unterliegt, den Gegenkörper (2), meistens das zu bearbeitende Material, den Zwischenstoff (3), evtl. Flüssigkeiten oder Schmierstoffe. Im Fall der Ziegelindustrie besteht der Gegenkörper meistens aus mineralischen Werkstoffen, die es zu verändern gilt. Das Verschleißsystem nach DIN 50320 ist jedoch so allgemein angelegt, dass alle Verschleißarten mit diesem System beschrieben werden können. In anderen Fällen, wie zum Beispiel beim Verschleiß durch Abrasion zwischen metallischen Paarungen oder in Pumpen durch Kavitation, führen die Anwendung des Verschleißsystems und die darauf folgende Analyse zu anderen werkstofftechnischen Lösungen.

Im vorliegenden Fall der Bekämpfung des Verschleißes in allen Prozessen der Ziegeleien werden mineralische Werkstoffe (Gegenkörper) von metallischen Werkstoffen (Grundkörper) nachhaltig verändert: gebrochen, zerquetscht, gemahlen, gemischt oder auch gepresst. Neben der Verschleißpaarung sind das Belastungskollektiv und die so genannte Systemumhüllende von Bedeutung: Die Belastungen (4) und die Bewegungen (5) des mechanischen Prozesses und die allgemeinen äußeren Bedingungen wie Temperatur oder pH-Wert („Systemumhüllende“ 6) sind von großer Bedeutung für den Verlauf des Verschleißes und für die Bekämpfung dieses für die Maschinen so zerstörerischen Vorgangs. Die Aussage ist eindeutig:

Verschleiß ist eine Systemeigenschaft, keine einzelne Materialeigenschaft!

Deshalb gibt es zur Bekämpfung nicht nur eine Möglichkeit, sondern eine ganze Palette von Möglichkeiten: konstruktive,

Wear prevention in the heavy clay industry

The various components of heavy clay processing machinery are subject to heavy wear and tear. With a view to countering such detrimental processes, an analysis of the tribological system is recommended along with appropriate constructional and material-technological measures. Tailored anti-wear measures include the use of white cast iron, hardfacing (also known as build-up welding), compound wear plates, compound castings and composite alloys. The merits of the various material solutions are described.

1 Introduction

“Wear” is understood as the progressive loss of material from the surface of a solid body due to mechanical abrasion resulting from contact with solid, liquid or gaseous substances. Wear manifests itself both in the occurrence of small pieces of detached material – referred to as worn particles – and in changes in the shape and substance of the surface layer. All wear processes are essentially caused by various levels of mechanically introduced energy.

Fig. 1 illustrates in general manner potential tribocouples. All tribological systems comprise a base body (1), which is part of the machine and subject to wear; a counter body (2), normally the material being processed; and intermediate matter (3), e.g., a fluid or lubricant. In heavy clay applications, the counter body usually consists of a mineral material that requires further processing. However, the tribological system described in DIN 50320 is of such a general nature, that it can serve as a basis for describing all types of wear. In other

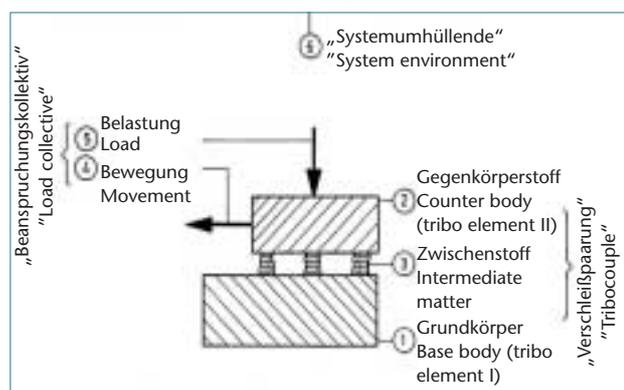


Bild 1: Verschleißsystem nach DIN 50320

Fig. 1: Tribological system according to DIN 50320

Tabelle 1: Auswahl von Ziegeleiprozessen und Zuordnung zum Verschleißsystem

Table 1: Sundry heavy clay processes and corresponding tribological systems

Ziegeleiprozess Heavy clay production process	Maschine/Vorgang Machine	Grundkörper Base body	Gegenkörper Counter body
Grobzerkleinerung Primary crushing	Walzenbrecher Crushing rollers	Walzen Rollers	Grobkeramische Rohstoffe/Heavy clay materials
Mittelzerkleinerung Secondary crushing	Kollergang Schlagleistenwalz- werk/Pan mill Disintegrator	Auskleidungen Schlagleisten Linings Cleats	Ziegelton Brick clays
Feinzerkleinerung Fine grinding	Mühlen Mills	Wellen Shafts	Tonsteine Clay stones
Mischen Mixing	Chargenmischer Batch mixer	Abstreifer Scrapers	Tonmischungen Mixed clays
Extrudieren Pressen Extrusion Pressing	Formgebungsanlage Shaping plant	Schneckenförderer Mundstück Kerne/Worm conveyors Dies Cores	Tonmischungen Mixed clays

systemverändernde oder werkstofftechnische Maßnahmen. Im Folgenden beschränken wir uns auf werkstofftechnische Maßnahmen.

In Tabelle 1 werden einige Ziegeleiprozesse genannt und eine Zuordnung zum Verschleißsystem hergestellt. Welche werkstofftechnischen Lösungen sind nun für den jeweiligen Prozess optimal? In jedem Fall besteht der Grundkörper aus metallischen Konstruktionselementen, die die grobkeramischen Stoffe in nasser, feuchter oder trockener Form verarbeiten.

Entscheidend für eine hohe Standfestigkeit des Grundkörpers und damit eine lange Lebensdauer des Bauteils ist die absolute Härte des metallischen Werkstoffes in Relation zur Härte des grobkeramischen Materials.

Betrachtet man die Definition der Härte nach Mohs (Tabelle 2), so entstehen eine Reihe von leicht „ritzbaren“ und damit bearbeitbaren Stoffen (Talk) bis zu den härtesten Werkstoffen (Diamant), die nicht mehr „ritzbar“ sind, aber ihrerseits hervorragende Eigenschaften zum Bearbeiten und z. B. zum Ritzen besitzen. Die Tabelle empfiehlt, im ersten Ansatz für den Grundkörper härteres Material als für den Gegenkörper einzusetzen. Diese sicherlich triviale Aussage führt jedoch zum bekannten Hoch-/Tieflege-Diagramm in der Verschleißtechnik. Werden weiche Werkstoffe von einem in der Härte überlege-

Tabelle 2: Mohs'sche Härte von verschiedenen mineralischen Werkstoffen und das entsprechende Äquivalent der Vickershärte
Table 2: Mohs' hardness of various mineral-base materials and corresponding Vickers hardness values

Verschleißerscheinungsformen/Wear phenomena			
	Mineral	Mohs-Härte Mohs' hardness	Vickers-Härte Vickers hardness
Mit Fingernagel ritzbar/Scratchable (with finger nail)	Talk/Talc	1	2–3
	Steinsalz/Rock salt	2	36–76
Mit Stahl ritzbar Scratchable (with steel)	Kalkspat/Calcite	3	109–172
	Flussspat/Fluorite	4	190–250
	Apatit/Apatite	5	566–850
Fensterglas wird geritzt Scratches window glass	Orthoklas/Orthoclase	6	714–795
	Quarz/Quartz	7	1 103–1 260
	Topas/Topaz	8	1 200–1 648
	Korund/Corundum	9	2 060–2 720
	Diamant/Diamond	10	8 000–10 000

cases, for example, wear caused by abrasion between mated metals or by cavitation in pumps, application of the tribological system and the subsequent analysis lead to other material-technological solutions.

In the case at hand, that is, for controlling wear in all heavy clay processes, mineral materials (counter bodies) are permanently altered by metal-base materials (base bodies): broken, crushed, milled, mixed or pressed. In addition to the tribocouple, major process parameters include the load collective and the so-called system environment: the loads (4) and the movements (5) involved in the mechanical process, as well as such general external conditions as temperature or corrosion (“system environment” 6), are of major importance for wear progress and for controlling this so destructive process. The statement is clear and simple:

Wear is a system-specific property, not a material-specific property!

Consequently, there is not merely one way, but a whole assortment of ways to control wear: structural, system-altering and/or materials-technological measures. For the present purposes, we will confine ourselves to the latter.

Table 1 lists several heavy clay production processes in correlation with the respective tribological systems. Which material's technological approaches are best suited for the respective process? In any case, the base body consists of metal structural elements, the purpose of which is to process the heavy clay materials in a wet, moist or dry state.

The durability of the base body and, hence, the service life of the component, are decisively dependent on the absolute hardness of the metal-base material in relation to that of the heavy clay material.

According to the definition of Mohs' hardness (Table 2), materials can be listed according to their “scratchability” (read: machineability), beginning with talc as the softest and ending with diamonds as the hardest. Diamonds, which are no longer “scratchable”, possess outstanding machining properties, i.e., they are very well suited for “scratching” other materials. According to the Table, the first prerequisite for the base body is that it is made of a material that is harder than that of the counter body. While this may sound trivial, it forms the basis of the upper shelf/lower shelf diagram in tribological engineering. When a soft material is being processed by a material of superi-

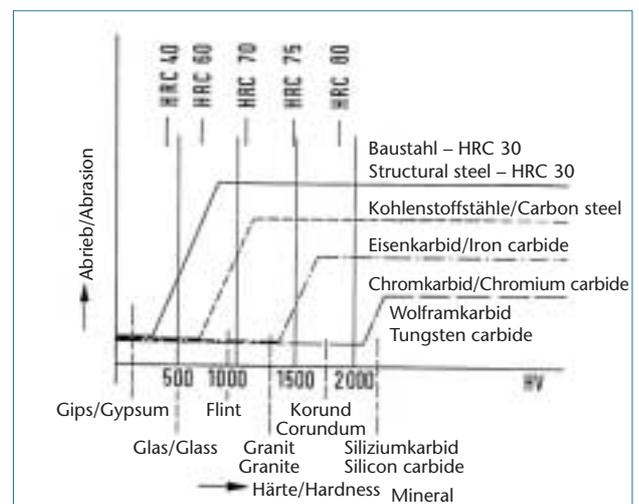


Bild 2: Definition von Hoch- und Tieflege in der Verschleißtechnik
Fig. 2: Definition of upper shelf and lower shelf in tribological engineering

nen Material bearbeitet, so befindet sich dieser Prozess – verschleißtechnisch gesehen – in der Tieflage (Bild 2). Mit steigender Härte des zu verarbeitenden Materials gibt es für den Verschleiß (meistens gemessen in Materialverlust) keine lineare Abhängigkeit, sondern bei etwa gleichen Härten der Verschleißpaarung einen sprunghaften Anstieg des Materialverlustes. Die Verschleißpaarung befindet sich in der Hochlage, einem sehr beklagenswerten Zustand, der jährlich allein in Deutschland einen Schaden von über 2 Mrd. € „anrichtet“. In diesen Fällen werden die Bauteile in viel zu kurzen Abständen ausgewechselt, was zu Stillstandszeiten, Produktionsausfall und permanenten Instandhaltungskosten führt.

Für die Prozesse in der Ziegelindustrie empfehlen sich die folgenden werkstofftechnischen Lösungen:

- ▶ Untereutektische Hartgusslegierungen
- ▶ Einsatz von Auftragschweißwerkstoffen oder Beschichtungen
- ▶ Verbundplatten als Auskleidung oder Bauteil
- ▶ Verbundguss
- ▶ Kompositwerkstoffe mit höchsten Härten

2 Einsatz von Hartguss

Abrasionsbeständige Eisengusswerkstoffe für höchste Ansprüche lassen sich anhand des Kohlenstoffgehaltes und ihres Gefüges klassifizieren:

- ▶ **2.1 Manganhartstähle mit austenitischem Gefüge**, ca. 0,8 bis 1,6% C/6 bis 23% Mn. Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist der Manganhartstahl GX 120 Mn 12, Werkstoff-Nr. 1.3403
- ▶ **2.2 Karbidische Gusseisen** (auch als Hartguss oder weiße Gusseisen bekannt), die sich ihrerseits in die untereutektischen und übereutektischen Gusseisen unterteilen:
 - ▶ 2.2.1 Untereutektische Hartgusslegierungen mit 2 bis ca. 3,6% C und etwa 15 bis 25% Cr. Das Gefüge besteht aus primärem Austenit und einem Eutektikum aus Chromkarbid und Austenit; je nach Abkühlgeschwindigkeit kann sich der Austenit auch in Martensit umwandeln
 - ▶ 2.2.2 Übereutektisches Gusseisen mit 3,6 bis 5% C und 15 bis 25% Cr. Das Gefüge besteht aus primären Chromkarbiden und dem Eutektikum aus Austenit und Chromkarbid. Auch hier kann sich je nach Abkühlgeschwindigkeit der Austenit noch in Martensit umwandeln
 Diese karbidischen Gusseisen können mit anderen Legierungselementen wie W, V, Ni und Mo noch auf höhere Eigenschaften, wie z. B. höhere Schlagbeständigkeit, höhere Beständigkeit bei erhöhten Temperaturen bis ca. 800°C etc., getrimmt werden.
- ▶ **2.3 Rostfreier Stahlguss** mit bis zu 1,5% C, 12 bis 30% Cr und einem Ni-Gehalt bis zu 25%. Auch hier ist das Gefüge primär-austenitisch mit einer eutektischen Grundmasse aus Austenit und Karbiden

Die bekanntesten Anwendungen von Hartguss in der grobkeramischen Industrie sind Schlagleisten (Bild 3), Auskleidungsplatten (Bild 4) und auch die Kerne in der Ziegleitechnik (Bild 5). Über viele Jahrzehnte bestanden die Kerne bei der Herstellung von Hohlziegeln aus einem aufgehärteten Hartguss. Mittlerweile gibt es für diese Anwendung andere Lösungen. Auf Grund der relativ engen Toleranzen, die an die Hohlräume der Ziegel gestellt werden, ist es wirtschaftlicher geworden, einen kostengünstigen Grundwerkstoff zu nehmen und diesen dann mit einem Hartstoff, wie z. B. Chrom, oder anderen Auftragschweißwerkstoffen zu beschichten (siehe Abschnitt 3). Je nach Konstruktion der Schneckenförderer empfiehlt sich auch

or hardness, the process is, from a tribotechnical standpoint, on the lower shelf (Fig. 2). With increasing hardness on the part of the material to be machined, the wear rate (usually measured in terms of material loss) changes, but not linearly. Roughly at the point where both materials exhibit equal hardness, there is a sudden increase in the rate of material loss. The tribocouple is now on the upper shelf – a very deplorable situation that causes damage in excess of 2 billion € a year in Germany alone. In such cases, the machine components have to be replaced much too frequently, with all the resultant downtime, loss of production and permanent maintenance expenditures.

Use of the following types of materials is recommended for heavy clay processes:

- ▶ subeutectic white cast iron
- ▶ hardfacing materials and/or coatings
- ▶ compound wear plates as linings or complete components
- ▶ compound castings
- ▶ composite materials of maximum hardness

2 Use of white cast iron

Abrasion-resistant iron castings for maximum wear requirements can be classified on the basis of their carbon content and microstructure:

- ▶ **2.1 Austenitic (straight) manganese steel**, approx. 0.8 to 1.6% C/6 to 23% Mn. A typical member of this category is austenitic manganese steel GX 120 Mn 12, German material no. 1.3403
- ▶ **2.2 Carbide-base cast iron** (also known as white cast iron), which in turn breaks down into subeutectic and hypereutectic cast iron:
 - ▶ 2.2.1 Subeutectic white cast iron with between 2% and approx. 3.6% C and roughly 15 to 25% Cr. The microstructure consists of primary austenite and a eutectic of chromium carbide and austenite; depending on the cooling rate, the austenite may transform into martensite
 - ▶ 2.2.2 Hypereutectic cast iron with 3.6 to 5% C and 15 to 25% Cr. The microstructure consists of primary chromium carbides and a eutectic of austenite and chromium carbide. Again, the austenite may transform into martensite, depending on the cooling rate
 These varieties of carbide cast iron can be laced with such alloying elements as W, V, Ni and Mo to obtain even better properties, e.g., higher impact resistance, higher stability at elevated temperatures (up to approx. 800°C), etc.
- ▶ **2.3 Stainless cast steel** with up to 1.5% C, 12 to 30% Cr and as much as 25% Ni. Here, too, the microstructure is primarily austenitic with a eutectic matrix of austenite and carbides

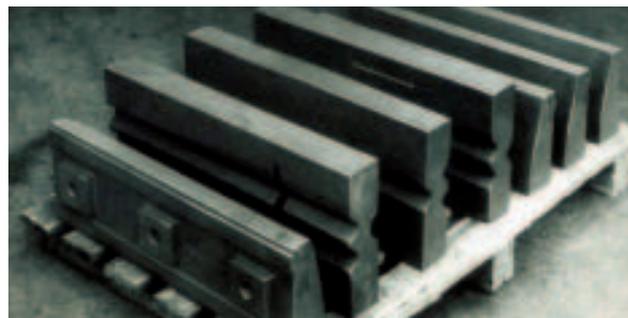


Bild 3: Schlagleisten aus untereutektischem Hartguss
Fig. 3: Cleats (disintegrator rails) made of subeutectic white cast iron



Bild 4: Gegossene Auskleidungsplatten
Fig. 4: Cast lining plates

hier, Segmente der Schneckenförderer aus Hartguss herzustellen (Bild 6).

Die **Auswahlkriterien für den Hartguss als Konstruktionselement** in der grobkeramischen Industrie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Liegen hohe Stückzahlen vor (20 bis 50 pro Monat), so sollte man in Modelle investieren und das Bauteil in hochwertigem Hartguss herstellen. Außerdem erlaubt das Gießen komplizierte dreidimensionale Formen für kleinere und mittlere Stückgewichte (von ca. 2 kg bis 1,5 t). Die Gusswerkstoffe im ternären System Eisen/Chrom/Kohlenstoff lassen maßgeschneiderte Legierungen genauso zu wie auch maßgeschneiderte Wärmebehandlungen. Deshalb kann der Gusswerkstoff entsprechend der Abrasionsbeanspruchung oder der Schlagbeanspruchung mit anderen Legierungselementen wie Molybdän, Vanadium oder Wolfram versehen und anschließend noch gehärtet oder angelassen werden. Auf diese Art und Weise lassen sich auch zähe Legierungen durch nachträgliche Wärmebehandlung herstellen.

3 Auftragschweißwerkstoffe und Beschichtungen

Unter Auftragschweißen versteht man das Beschichten eines Werkstückes mit Hartstoffen durch Schweißprozesse. Auch in diesem Fall bestehen die Hartstoffe aus Karbiden, die in eine duktile metallische Matrix aus Eisen, Nickel oder Kobalt eingebettet sind. Das Aufbringen einer fest haftenden Schicht auf ein Werkstück erfolgt praktisch über die flüssige Phase des ausgewählten Schweißzusatzwerkstoffes. Im Vergleich zu anderen Beschichtungsverfahren, wie z. B. dem Aufkohlen, dem Nitrieren oder – wie in der Ziegelindustrie oft angewandt – dem

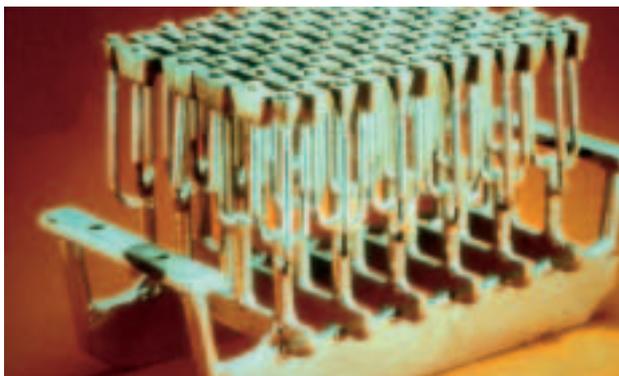


Bild 5: Gegossene Kerne in der Ziegeleitechnik
Fig. 5: Cast cores for brick production

The most familiar uses for white cast iron in the heavy clay industry are for producing cleats (Fig. 3), lining plates (Fig. 4) and brick-making cores (Fig. 5).

For many decades, the cores used for producing hollow bricks were made of hardened white cast iron. Now, though, other solutions have been found. Due to the relatively close tolerances that brick cavities must comply with, it is now more economical to cover a less expensive base material with a coating of hard material, e.g., chromium or some other hardfacing material (cf. section 3).

Depending on the design of the worm conveyor, it is often advisable to make some of its segments out of white cast iron (Fig. 6).

In the heavy clay industry, **the criteria for making structural elements out of white cast iron** can be summarized as follows: For high piece numbers (20 to 50 per month), patterns should be invested in and the component in question made of high-quality white cast iron, especially since casting allows complicated, three-dimensional shapes for small and medium piece weights (between about 2 kg and 1.5 tons). The ternary-system casting materials iron/chromium/carbide cater to tailor-made alloys and made-to-measure forms of heat treatment. Hence, the casting material can be laced with such alloying constituents as molybdenum, vanadium or tungsten and then hardened or tempered to fit the abrasion or impact exposure. This way, even ductile alloys can be obtained by way of secondary heat treatment.

3 Hardfacing materials and coatings

Hardfacing is the term used to denote the coating of a workpiece with hard materials by way of welding processes. Here, too, the hard materials consist of carbides embedded in a ductile metal matrix of iron, nickel or cobalt. The application of an adhesive coating to a workpiece is achieved, for all practical purposes, via the liquid phase of the chosen filler material. In comparison with other coating processes, e.g., carburization, nitriding or – as frequently employed in the brick and tile industry – chrome-plating, hardfacing is a distinctly thick-film approach. Built-up layers measuring between 3 and 15 mm in thickness are common. Indeed, that is one of the main reasons why hardfacing is in such popular use for components exposed to abrasive wear.

By way of example, the worm conveyor shown in Fig. 7 – unlike the solution proposed in Fig. 6 – is made of low-cost cast steel that was subsequently hardfaced with a jacket of tungsten carbides in a nickel matrix.

According to DIN 8555, hardfacing materials are categorized according to their matrix materials:

Iron-base hardfacing materials

Situated mostly in the hypereutectic range, these alloys display hardness levels ranging between 60 and 65 HRC. They



Bild 6: Segmente für Schneckenförderer aus Hartguss
Fig. 6: Worm-conveyor segments made of white cast iron

Hartverchromen, handelt es sich beim Auftragschweißen um ein ausgesprochenes Dickschichtverfahren. Auftragschichten zwischen 3 und 15 mm sind keine Seltenheit. Dies ist ein Hauptgrund für den vielfach praktizierten Einsatz des Auftragschweißens bei abrasiv beanspruchten Bauteilen.

Als Beispiel wurde in Bild 7 wiederum ein Schneckenförderer ausgesucht, der im Gegensatz zur in Bild 6 vorgeschlagenen Lösung aus einem kostengünstigen Stahlguss besteht, der nachträglich mit einer Dickenpanzerung aus Wolframkarbiden in einer Nickelmatrix versehen wurde.

Nach DIN 8555 teilt man die Auftragschweißwerkstoffe in die unterschiedlichen Matrixwerkstoffe ein:

Auftragschweißwerkstoffe auf Eisenbasis

Die Zusammensetzung ist meist im übereutektischen Bereich angesiedelt, die Härte beträgt zwischen 60 und 65 HRC, die Legierungen enthalten bis zu 5 % Kohlenstoff und bis zu 30 % Chrom. Auch in diesen Fällen wird zur Verbesserung der Eigenschaften noch mit anderen Legierungselementen wie Niob, Wolfram, Vanadium und Nickel gearbeitet.

Auftragschweißwerkstoffe auf Kobaltbasis

Eine weitere wichtige Gruppe der Auftragschweißwerkstoffe sind die Kobaltbasislegierungen, Handelsname z. B. Stellite. Diese Werkstoffe sind dem klassischen Hartmetall Wolframkarbid-Kobalt sehr ähnlich, innerhalb einer Kobaltmatrix befinden sich Chrom-, Wolfram- und Vanadiumkarbide. Zur Aushärtung der Matrix werden den Legierungen die Elemente Molybdän und Nickel zugesetzt. Stellites besitzen eine moderate Härte zwischen 40 und 50 HRC, haben auf Grund ihrer Zähigkeit jedoch eine exzellente Abrasionsbeständigkeit.

Auftragschweißwerkstoffe auf Nickelbasis

Sind die Hartwerkstoffe (Karbide) in eine Nickelbasis eingebunden, so spricht man von Kompositlegierungen in einer Nickelmatrix (diese Legierungen werden in Abschnitt 6 genauer beschrieben).

Die **Auswahlkriterien für Auftragschweißwerkstoffe** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Auftragschweißwerkstoffe werden für höchste Stückgewichte eingesetzt: für Walzen, Schneckenförderer, Mahlbandagen etc., die 2 t und mehr wiegen, bei denen die verschlissene Schicht nur wenige Prozent vom Gesamtgewicht beträgt (1 bis 2%). Auftragschweißwerkstoffe werden deshalb für kleine Losgrößen angewendet (Losgröße 1 + x). Beim Auftragschweißen kann passend zum Grundwerkstoff (Eisen, Nickel oder Kobalt) eine entsprechende Matrix ausgewählt werden, die Hartstoffe in der Matrix können bis zu 2 000 Vickers hart sein. Eine Regenerierung (Reparaturschweißung) der defekten Konstruktion oder des verschlissenen Bauteils kann jederzeit wiederholt werden.

4 Verbundplatten – eine kostengünstige Lösung

Als Verschleißschutz in grobkeramischen Prozessen (z. B. in der Ziegelei) werden auch Verbundplatten eingesetzt, hauptsächlich bei Sieben, Bunkerauskleidungen, Vibrationsförderern und Mischern.

Verbundplatten werden durch ein Spezialauftragsschweißverfahren bei geringer Vermischung mit dem Grundkörper und sehr hohen Abschmelzleistungen wirtschaftlich erzeugt. Das Basismaterial besteht aus einfachen Baustählen, die Auftragschicht ist zwischen 3 und 20 mm stark und maßgeschneidert für Ver-



Bild 7: Schneckenförderer, durch Auftragschweißen verschleißtechnisch in die Tieflage versetzt

Fig. 7: Worm conveyor on tribological lower shelf thanks to hardfacing

contain up to 5% carbon and up to 30% chromium. Again, such additional alloying elements as niobium, tungsten, vanadium and nickel serve to improve certain properties.

Cobalt-base hardfacing materials

Cobalt alloys, known in the trade as Stellite and the like, constitute a further prominent group of hardfacing materials. These materials are very similar to the classical cermet tungsten carbide cobalt in that the cobalt matrix contains chromium, tungsten and vanadium carbide. Molybdenum and nickel are added to the alloys to serve as matrix hardeners. Stellites exhibit moderate hardness levels ranging from 40 to 50 HRC, but their toughness imparts excellent abrasion resistance.

Nickel-base hardfacing materials

Hard materials (carbides) embedded in a nickel base are referred to as composite alloys in a nickel matrix (as discussed in detail in section 6).

The **selection criteria for hardfacing materials** can be summarized as follows:

Hardfacing materials are used for very heavy components: rollers, worm conveyors, roller liners, etc., weighing 2 tons or more and where the worn layer only accounts for 1 to 2% of the total weight. Hence, hardfacing materials are only used for small lots (lot size 1 + x). The hardfacing material can be chosen such that its matrix matches the parent material (iron, nickel or cobalt). The Vickers hardness of the cermets in the matrix can amount to as much as 2 000 HV. Defects and worn surfaces can be repetitively regenerated at will.

4 Compound wear plates – a priceworthy choice

Compound wear plates also are employed as an anti-wear measure in heavy clay processes (e.g., for brickmaking), mainly for screens, bin linings, vibrating conveyors and mixers.

Compound wear plates are economically produced according to a special hardfacing technique involving very high deposition rates and a degree of intermingling between the filler metal and the base body. The base material consists of ordinary structural steel. The applied layer, which can be anywhere from 3 mm to 20 mm thick, is specially tailored for tribological applications characterized by abrasion or impact loads. The metallurgy of the protective layer on compound wear plates is identical to that of the hardfacing materials.



Bild 8: Siebbelag aus V-100-Verbundplatten
Fig. 8: Screen liner made of V 100 compound wear plates

schleißanwendungen durch Abrasion oder Schlagbeanspruchung. Die Verschleißschicht bei Verbundplatten besitzt dieselbe Metallurgie wie die der Auftragschweißwerkstoffe.

Auswahlkriterien für Verbundplatten

Verbundplatten sind für den großflächigen Verschleißschutz wie in Auslaufbunkern, Rutschen, Schütten, Schurren oder Windsichtern eine kostengünstige Lösung. Verbundplatten können auch als Konstruktionselemente ohne eigene Unterkonstruktion verwendet werden. Sie werden maßgeschneidert eingesetzt und sind in allen Fällen mit Fülldrahtschweißungen regenerierbar, sodass eventuell aufgetretene Schäden oder ein Verschleiß kostengünstig nachgeschweißt werden können. Der hohe Karbidanteil kann auch nach der Regeneration aufrechterhalten werden.

In den Bildern 8 bis 10 sind Beispiele für den Einsatz von Verbundplatten dargestellt.

5 Verbundguss

Der Verbundguss ist die Verbindung eines zähen, schweißbaren Stahlgusses als Grundkörper mit einer harten, verschleißfesten Gusslegierung, wie sie in Abschnitt 2 beschrieben wurde. Die Vorteile gegenüber den Legierungen aus vollem Hartguss bestehen darin, dass der Grundkörper mechanisch bearbeitbar, schweißbar und das gesamte Bauteil wesentlich kostengünstiger ist, da nicht das gesamte Volumen aus einer teuren Eisen-Chrom-Kohlenstoff-Hartgusslegierung besteht.

In der grobkeramischen Industrie werden Verbundgussteile mit Erfolg bei Prallplatten, Brechbacken und Schlaghämmern (Bild 11) eingesetzt. Die Auswahlkriterien für Verbundguss lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bei hohen Stückzahlen empfiehlt sich ein Verbundgussteil, vergleichbar mit den Kriterien für den Hartguss (20 bis 50 Teile pro Monat). Durch dieses doppelte Gießverfahren können komplizierte, dreidimensionale Formen hergestellt werden, die Gussteile haben zwischen 5 und 100 kg Gewicht. Die Verbundgussteile stellen immer eine kostengünstige Lösung dar, da man nur in Teilbereichen den Hartguss verwendet. Verbundgussteile werden ebenfalls für Schneckenförderer eingesetzt. Diese Segmente besitzen eine Verschleißseite und eine Konstruktionsseite, an der das Segment an eine Schneckenfördererwelle angeschweißt wird.



Bild 9: Vibrationstisch aus Verbundplatten
Fig. 9: Vibratory table made of compound wear plates

Selection criteria for compound wear plates

Large-area wear prevention is indicated, e.g., for feed bins, chutes, slides and air separators. Compound wear plates are an economical solution for such large surfaces. Compound wear plates can also serve as structural elements with no extra supporting substructure. They are made to measure and always reconditionable by means of flux-cored electrodes. Hence, if they are damaged or worn down, they can be repair-welded at low cost. Even their high carbide content can be maintained despite regeneration.

Figs. 8 through 10 show some typical applications for compound wear plates.

5 Compound castings

A compound casting is obtained by joining a tough, weldable steel casting (as the base body) and a hard, wear-resistant white cast iron like that described in section 2. The main advantages of composite castings over solid white iron castings are that the base body is both machineable and weldable, and the whole component is much less expensive, because only part of the volume has to be made of high-cost iron-chromium-carbon white cast iron.

In the heavy clay industry, compound castings serve well as impact plates, crusher jaws and swing hammers (Fig. 11). The selection criteria for compound castings can be summarized as follows:

For large-scale production, compound castings are recommended according to criteria comparable to those already stated for white cast iron (20 to 50 pcs per month). The double (= compound) casting process enables production of complicated, three-dimensional shapes. Compound castings can weigh between 5 kg and 100 kg apiece. Compound castings are always a cost-effective choice, since the white cast iron part is only needed in some places. Compound castings are also used in worm conveyors. Such segments have a wearing side and a structural side, the latter for welding the segment onto the worm shaft.

6 Selective use of composite materials

Composite materials are understood as hardfacing materials or sintered-on nickel-base materials. In most cases, classical tungsten carbide with 2000 HV is embedded in a nickel alloy



Bild 10: Übergangsstück, aus Verschleißverbundplatten konfektioniert
 Fig. 10: Adapter made of compound wear plates

6 Einsatz von ausgewählten Kompositwerkstoffen

Kompositwerkstoffe sind Auftragschweißwerkstoffe oder aufgesinterte Werkstoffe auf Nickelbasis. In den meisten Fällen werden das klassische Wolframkarbid oder Wolframschmelzkarbide mit 2000 Vickers Härte in eine Nickelbasislegierung eingebettet (Handelsname NiCrB20 bis NiCrB60). Auf Grund der hohen Härte der Karbide und der Duktilität der Matrix sind Kompositlegierungen abriebfest, stoßfest, korrosionsbeständig und hitzebeständig. Im Gegensatz zu den Eisen-Chrom-Kohlenstoff-Lösungen sind Kompositlegierungen rissfrei und, sofern nicht zu viele Karbide in der Matrix vorhanden sind, noch bearbeitbar. Die Kompositlegierungen stellen für ausgewählte Anwendungen die höchste Verschleißbeständigkeit dar. Sie werden in Schnecken, Rührwerkteilen, Schnitzelmessern, Mahlsegmenten und auch Ventilatorflügeln eingesetzt.

Bild 12 zeigt einen Abstreifer in einem Mischprozess für Grobkeramik aus einer Kompositlegierung (NiCrB60). Für den Einsatz von Kompositwerkstoffen sind niedrige Stückzahlen eine Voraussetzung. Trotzdem lassen sich ähnlich wie bei gegossenen Formen komplizierte dreidimensionale Konstruktionen herstellen. Kompositlegierungen können für höchste Ansprüche maßgeschneidert werden – sowohl in der Härte als auch in der Karbidzusammensetzung. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine werkstoffgerechte Konstruktion, was bedeutet, dass die Verschleißteile eventuell umkonstruiert werden müssen, um sie mit Kompositlegierung herstellen zu können.

7 Zusammenfassung



Bild 12: Abstreifer aus Kompositlegierungen
 Fig. 12: Composite-alloy scraper

Die Technologie der Ziegelherstellung beinhaltet eine ganze Reihe von Vorgängen, wie Brechen von großstückigem Ton, Zerquetschen, Mahlen, Mischen und auch Brechen durch gelochte Roste, die großen Verschleiß an den Maschinenbauteilen erzeugen. Um in die für den Verschleißschutz optimale Tief-



Bild 11: Schlaghammer aus Verbundguss
 Fig. 11: Compound-cast swing hammer

(trade name NiCrB20 to NiCrB60). Thanks to the hardness of the carbides and to the ductility of the matrix, composite alloys are hard-wearing, shock-proof, corrosion-proof and heat-resistant. Unlike iron-chromium-carbon hard facing solutions, composite alloys remain crack-free and, as long as the matrix does not contain too much carbide, machineable. Composite alloys provide maximum wear resistance for certain applications, e.g., in augers, agitators, shredders (blades), mill segments and even fans (blades).

Fig. 12 shows a composite-alloy scraper (NiCrB60) for use in a heavy clay mixing process. Composite materials can only be used for low piece numbers, but, like casting patterns, they enable production of complicated, three-dimensional shapes. Composite alloys can be tailor-made for the most demanding standards, both in terms of hardness and with regard to carbide composition. However, this presupposes a material-appropriate design, meaning that the wear parts may require redesigning before they can be made of a composite alloy.

7 Summary

Heavy clay technology covers a wide range of processes such as breaking clods of clay, crushing, grinding, mixing and even screening. All this subjects the machinery to heavy wear and tear.

There are a number of different material-technological ways to secure the lower shelf, as is optimal for wear protection:

Use of white cast iron, hardfacing materials, compound wear plates, compound castings and composite materials. With the exception of composite alloys, the first anti-wear materials all belong to the ternary system iron/chromium/carbon and have high chromium and carbon contents. The protective effect is attributable to the presence of chromium carbides or other metal carbides.

The use of subeutectic white cast iron is recommended mainly for high piece numbers, complicated, three-dimensional shapes, and small-to-medium piece weights. For unusually heavy components (several tons) being made in small lots (1 + x), hardfacing with carbides is recommended instead.

The selection criteria for compound wear plates can be summarized as follows:

Compound wear plates constitute a low-cost solution for linings and large-area wear protection. A well-chosen protective coating (corrosion-proof, shock-proof, heat-proof, etc.)

lage zu kommen, gibt es verschiedene werkstofftechnische Lösungen:

Einsatz von Hartguss, von Auftragschweißwerkstoffen, von Verbundplatten, von Verbundguss und von Kompositwerkstoffen. Mit Ausnahme der Kompositlegierungen handelt es sich bei den ersten Verschleißschutzwerkstoffen um Materialien aus dem Dreistoffsystem Eisen/Chrom/Kohlenstoff mit hohen Chrom- und Kohlenstoffgehalten. Die schützende Wirkung wird durch das Auftreten von Chromkarbiden oder anderen Metallkarbiden erzeugt.

Der Einsatz von untereutektischen Hartgusslegierungen eignet sich hauptsächlich für hohe Stückzahlen, komplizierte, dreidimensionale Formen sowie für kleinere und mittlere Stückgewichte. Sind die Stückgewichte außergewöhnlich groß (mehrere Tonnen) und die Losgröße niedrig (1 + x), so empfiehlt sich das Auftragschweißen von Hartstoffen.

Die Auswahlkriterien für Verbundplatten lassen sich wie folgt zusammenfassen: Verbundplatten sind eine kostengünstige Lösung für Auskleidungen und für großflächigen Verschleißschutz. Durch eine geeignete Auswahl der Verschleißschicht (korrosionsbeständig, schlagbeständig, hitzebeständig etc.) lassen sich intelligente Lösungen für spezielle Fälle erzeugen. Bei Verbundplatten ist eine Reparatur oder Regeneration des Bauteils mit Fülldraht immer möglich.

Sollen die Konstruktionsteile auf der einen Seite schweißbar und duktil und auf der anderen Seite verschleißfest und hart sein, so empfiehlt sich der Verbundguss, der einen Bimetallguss (Stahl und Hartguss) für hohe Stückzahlen und komplizierte, dreidimensionale Formen darstellt.

Ein Sonderfall im Verschleißschutz sind die Kompositlösungen. Auch hier handelt es sich um Metallkarbide (Wolframkarbid), die in eine Nickelmatrix oder Nickellotmatrix eingebettet werden und so für höchsten Verschleißschutz sorgen. Die Auswahlkriterien dafür sind niedrige Stückzahlen und höchste Ansprüche an die Härte des Werkstoffes.

Betrachtet man die verschiedenen Auswahlkriterien und wendet man sie konsequent auf das eigene spezifische Verschleißproblem an, so können in der Ziegelindustrie interessante, lang andauernde, verschleißfeste Lösungen gefunden werden. 

enables generation of intelligent solutions for specific cases. Compound wear plates also enable the repair or regeneration of the component in question with flux-cored wire electrodes at the user's convenience.

If a given component needs to be weldable and ductile on one side, but hard and wear-resistant on the other, the use of compound castings is recommended. Compound castings are bimetals (steel plus carbides) for high piece numbers and complicated, three-dimensional shapes.

Composite alloys are a special form of wear protection. These materials, too, are metal carbides (tungsten carbide) embedded in a nickel or nickel and filler-metal matrix. They provide maximum protection against wear. The pertinent selection criteria read: low piece numbers and maximum demands on material hardness.

By carefully pondering and systematically applying the various selection criteria to a given wear problem, the heavy clay industry can produce notably profitable, long-lasting, hard-wearing alternatives. 

VAUTID-VERSCHLEISS-TECHNIK

Dr.-Ing. Hans Wahl GmbH

Postfach 41 10

D-73744 Ostfildern-Ruit

Tel.: +49/71 14 40 40

Fax: +49/7 11 44 20 39

vautid@vautid.de

www.vautid.de



Ziegelindustrie International
Brick and Tile Industry International

Sonderdruck aus Zi 5/2005
Reprint from Zi 5/2005



Bauverlag BV GmbH
Avenwedder Straße 55 · 33311 Gütersloh
Postfach 120 · 33311 Gütersloh