

Verschleißbereiche in Vertikalmühlen inkl. der Mahlwerkzeuge und deren Regeneration

Einleitung

Vertikalmühlen haben sich in vielen Bereichen der Industrie zur Zerkleinerung von Massenschüttgut-Strömen durchgesetzt. Vertikalmühlen sind auch als Rollenmühlen, Walzenmühlen oder Walzenschüsselmühlen bekannt. Die Vorteile von Vertikalmühlen bei der Zerkleinerung ergeben sich einerseits aus der Möglichkeit für große Durchsatzmengen, der hohen Qualität des zu erzeugenden Feingutes hinsichtlich Korngröße und Korngrößenverteilung sowie des benötigten Energiebedarfes.

Typische Einsatzgebiete für Vertikalmühlen sind Kraftwerke und die Zementindustrie. In Kraftwerken übernehmen Vertikalmühlen die Zerkleinerung der Kohle. In der Zementindustrie werden Vertikalmühlen eingesetzt als Rohmaterialmühle und ebenfalls als Kohlemühle. Auch für die Zementmahlung oder die Mahlung von Hüttensand werden heute Vertikalmühlen mehr und mehr

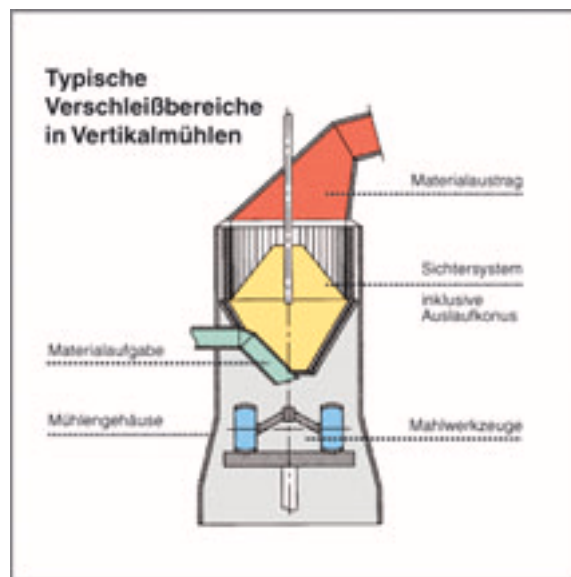


Abb. 2: Typische Verschleißbereiche in Vertikalmühlen

benötigt. Darüber hinaus gibt es eine Anzahl von weiteren Einsatzfällen in anderen Industrien, wo die spezifischen Vorteile der Vertikalmühlen genutzt werden.

In jedem Prozess der Handhabung und Verarbeitung von Massenschüttgütern kommt es zu erheblichem Verschleiß (Abb. 1). Im praktischen Betrieb bedeutet das Materialverluste an den bestehenden Bauteilen, in der letzten Konsequenz Zerstörung dieser Bauteile und Verlust der Funktionsfähigkeit.

Es kommt also darauf an, Maschinen, Anlagen und Systeme so auszurüsten, dass eine möglichst lange Standzeit erreicht wird und darüber hinaus bei unvermeidbarem Verschleiß durch geeignete Maßnahmen die Funktionsfähigkeit zurückgewonnen wird. Das Ganze steht unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit. Die aufzuwendenden Kosten sind für die Sicherstellung der Betriebsfähigkeit zu minimieren.



Abb. 1: Der Verschleiß der Mahlrollen in Vertikalmühlen ist erheblich; hier verschlissene Rohmehl-Mahlrollen vor der Regenerierung

Verschleißbereiche in Vertikalmühlen

Typische Verschleißbereiche in Vertikalmühlen sind die Materialaufgabe, das Mühlengehäuse, die Mahlwerkzeuge, das in den meisten Fällen integrierte Sichter-system sowie der Materialaustrag (Abb. 2).

■ Materialaufgabe

Im Bereich der Materialaufgabe haben sich Lösungen unter dem Einsatz von Schmelzbasalt ABRESIST gleichermaßen bewährt, wie die Verwendung von Hartauftragschweißung KALMETALL-W. Die Lösung mit Schmelzbasalt ausgekleideter Einlaufsysteme hat den Vorzug von besonders großer Härte und damit langer Lebensdauer. Die in Plattenausführung eingesetzten Schmelzbasalt Stücke werden in Verlegemasen KALFIX verlegt. Die Lösung mit Hartauftragschweißung bietet den Vorteil selbsttragender Konstruktionen bei moderaten Gewichten.

■ Mühlengehäuse

Im Bereich des Mühlengehäuses eignet sich der Einsatz von Hartguss KALMETALL-C ebenso wie von Hartauftragschweißung KALMETALL-W. In beiden Fällen bedingt die Zähigkeit des Werkstoffes eine gute Beständigkeit gegen Schlagbelastung bei gleichzeitig guter Beständigkeit gegen abrasiven Verschleiß. Die Beständigkeit gegen Schlagbelastung ist erforderlich, da der Mahlprozess körniges Stückgut an die Außenwände katapultiert.

Beim Einsatz von KALMETALL-C werden Formstücke mechanisch am Mühlenmantel befestigt. Oft handelt es sich hierbei um Hängekonstruktionen, die leichten Austausch nach dem Verschleiß ermöglichen. Auch Schraubverbindungen und sonstige Befestigungsarten sind möglich. Beim Einsatz von Hartauftragschweißung KALMETALL-W gibt es die Möglichkeit der selbsttragenden Konstruktion gleichermaßen wie der Verwendung von Schleißblechen. Bei Einsatz von Schleißblechen werden diese in die bestehende Konstruktion, zum Beispiel durch Hängesysteme, eingefügt.

Bei extremem Verschleiß und extremer Schlagbelastung ist der Einsatz von Hartmetall KALMETALL-HM sinnvoll. Hierbei handelt es sich um Schleißplatten aus Standardstahl, auf die besonders widerstandsfähige

Abb. 3: Verschleißplatten bei extremem Verschleiß und extremer Schlagbelastung sind mit aufgelöteten Hartmetall-Plättchen gepanzert

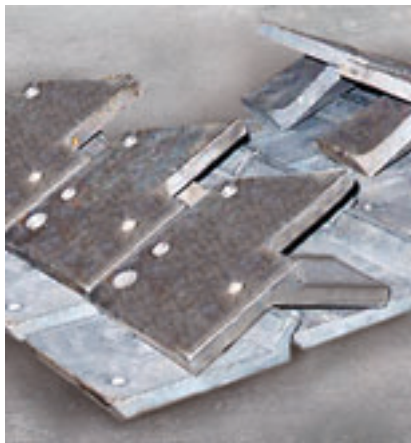


Abb. 4: Mahlpendelschutz einer Vertikalrollenmühle aus Hartguss KALMETALL-C 153

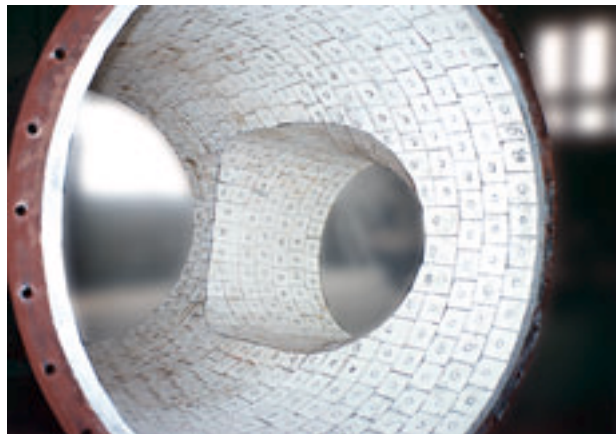


Abb. 5: Oxidkeramik KALOCER Auskleidung eines Sichterbauteils mit mechanisch befestigten Standardplatten 100 x 100 mm

Hartmetall-Plättchen aufgelötet sind (Abb. 3). Die Schleißplatten werden in der Regel als Hängekonstruktion zur leichten Austauschbarkeit eingebaut.

Neuerdings ergibt sich in diesen Bereichen auch der Einsatz von Oxidkeramik KALOCER. Diese Lösung wird bevorzugt, wenn der Gleitverschleiß den Impaktverschleiß übertrifft. Dann sind aufgrund der extrem harten Qualität der KALOCER Platten lange Betriebszeiten zu erwarten. Die verbleibende Impakt-Belastung wird durch das Befestigungssystem ausgeglichen. Hierbei erfolgt die Kombination einer mechanischen Befestigung mit einer soliden Hinterfüllung durch entsprechende KALFIX Verlegemasen.

■ Mahlwerkzeuge

Darüber hinaus gibt es im Bereich der Mahlwerkzeuge eine Vielzahl von Bauteilen, die gegen Verschleiß zu schützen sind. Hierzu zählen unter anderem die Mahlpindel, die mit geeignetem Schutz aus KALMETALL-C oder KALMETALL-W sicher vor der Zerstörung bewahrt bleiben (Abb. 4).

■ Sichtung

Im Bereich der integrierten Sichter haben sich die verschiedensten Werkstoffe bewährt.

Hierzu zählen insbesondere:

- Schmelzbasalt ABRESIST
- Hartstoffkomponent KALCRET
- Oxidkeramik KALOCER und
- Hartauftragschweißung KALMETALL-W

Verschleißbereiche in Vertikalmühlen



Abb. 6: Mit der Kalenborner Spritztechnologie für das Hartstoffkompound KALCRET-S wird sicherer Verschleißschutz bei kurzen Montagezeiten realisiert



Abb. 7: Abscheidekonen von Sichern können wirksam mit Hartauftragschweißung KALMETALL-W 100 6+4 geschützt werden; die Abbildung zeigt eine selbsttragende Konstruktion mit einem Durchmesser von 3 000 mm

Besonderen Schutzes bedürfen die Sichtergehäuse, die Sichterkonen und die Sichterkäfige. Im Bereich der Sichtergehäuse inklusive des integrierten Sichterkonus bietet sich der Einsatz von keramischen Werkstoffen an. ABRESIST und KALOCER (Abb. 5) werden plattenmäßig verlegt, wobei in den meisten Fällen bei Vertikalmühlen auf eine mechanische Befestigung nicht verzichtet werden kann. Dies ist begründet in den oft erheblichen Vibrationen der Mahlsysteme.

Ein moderner Werkstoff für den Sichterbereich ist Hartstoffkompound KALCRET. Hierbei handelt es sich um einen Verschleißschutz „aus dem Sack“. Das Verschleißschutz-Material wird ungebunden angeliefert, mit Wasser gemischt und auf ein Armierungssystem aufgespachtelt. Mit dem System sind relativ hohe Einbauleistungen zu erzielen. Darüber hinaus kann die aufgebrauchte Verschleißschutzmenge variabel eingestellt werden. Noch höhere Aufbringleistungen ermöglicht das spritzbare KALCRET-S (Abb. 6). Hierbei werden große Mengen Hartstoffkompound in sehr kurzer Zeit torkretiert. Aufbringleistungen betreffen bei 30 mm Verschleißschutzdicke über 5 m²/h für jede eingesetzte Spritzmaschine.

Auch im Sichterbereich kann der Einsatz von Hartauftragschweißung KALMETALL-W sinnvoll sein. Er ermöglicht selbsttragende Konstruktionen (Abb.7) oder den Einsatz von Schleißblechen. Die Vorteile liegen auch hier im moderaten Gewicht.

Besonderem Verschleiß unterliegen im Sichter die Leitschaufeln der Sichterkörbe. Hier ergeben sich Möglichkeiten unter dem Einsatz von dünnen Oxidkeramikplättchen KALOCER mit Dicken bis zu 6 mm. Eine weitere Lösung besteht im Einsatz hartauftraggeschweißter Bleche. Eine besonders langlebige Alternative stellt die Verwendung von selbsttragenden Konstruktionen unter dem Einsatz von Siliziumkarbidkeramik KALSICA-A dar (Abb. 8).

■ Mühlenauslauf

Im Bereich des Mühlenauslaufes wiederum finden sich meist Lösungen unter dem Einsatz von Schmelzbasalt ABRESIST, Hartstoffkompound KALCRET oder Hartauftragschweißung KALMETALL-W. Die Situation ist ähnlich wie beim Materialeinlauf. Auch hier bietet sich der Einsatz von Plattenlösungen unter der Verwendung von Schmelzbasalt oder eine fugenlose Lösung mit Hartstoffkompound KALCRET an (Abb. 9). Beim Einsatz von KALMETALL-W wird auf selbsttragende Konstruktionen zurückgegriffen.



Bild 8: Leitschaufeln eines Sichters einer Vertikal-Kohlemühle aus Siliziumkarbidkeramik KALSICA-A



Abb. 9: Schutz einer Rohmehl-Vertikalmühle: KALCRET im Austragsystem, KALMETALL-W 100 als Mühlenauskleidung



Abb. 10: Die Mahlwerkzeuge unterliegen massiven Verschleißbeanspruchungen; das gilt für die Mahlrollen wie auch die Mahlteller



Abb. 12: Mahlteller-Segmente einer Vertikalmühle (5 000 mm Durchmesser) aus KALMETALL-C; kleinere Durchmesser werden in einem Stück gegossen

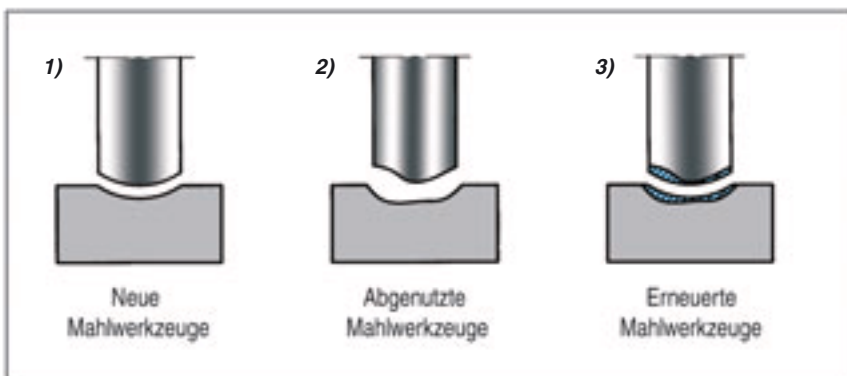


Abb. 11: Prinzip der Regenerierung von Mahlwerkzeugen in Vertikalmühlen



Die wichtigsten Verschleißteile einer Vertikalmühle sind allerdings die Mahlwerkzeuge selbst. Hierbei handelt es sich gleichermaßen um die Mahlteller und die Mahlrollen.

Mahlwerkzeuge und deren Regeneration

Die wichtigsten Verschleißträger im Rahmen einer Vertikalmühle sind die Systeme aus Mahlteller und Mahlrollen (Abb. 10). Hier werden verschiedene Formen und Typen eingesetzt, die je nach Originallieferant variieren. Alternativen bestehen in der Anzahl der Rollen, der Verwendung von Einzel- oder Doppelrollen, der Nutzung von halbrunden, rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitten (Abb.11).

■ Mahlteller

In jedem Falle gleich ist die Situation, dass ein angetriebener Mahlteller sich unter den mit Druck beaufschlagten Rollen dreht. Das Rohmaterial wird zwischen Teller und Rolle gezogen und im Mahlspace zerkleinert. Hierdurch kommt es auf den Oberflächen von Mahltellern und Mahlrollen zu erheblichen Gleit- und Prallbeanspruchungen, die zu massivem Verschleiß führen. Die Folge sind Materialabtrag bei Tellern und Rollen, so dass nach bestimmter Zeit, in Abhängigkeit der Charakteristika der Mahlgüter, der Materialspalt nicht mehr definiert bleibt und die Mahleigenschaften inklusive der Mahlleistung erheblich eingeschränkt werden.

Der Werkstoff der Mahlteller bzw. der Mahlrollen ist in den meisten Fällen ein Hartguss KALMETALL-C, z. B. in der Qualität C 153 als Chromguss. Der Mahlteller wird bis zu einem Durchmesser von 2 000 mm in der Regel einteilig hergestellt. Bei größeren Durchmessern besteht die Möglichkeit der segmentierten Lieferung (Abb. 12).

Abb. 13: Mahlrollen-Bandagen können bei großen Durchmessern segmentiert sein, das Bild zeigt die regenerierte Ausführung

Verschleißbereiche in Vertikalmühlen



Abb. 14: Für die Mahlsysteme Rohmaterial, Kohle und Klinker liefert Kalenborn neue Mahlrollen; die Abbildung zeigt das gegossene Teil aus Hartguss KALMETALL-C 153, Durchmesser 1 500 mm



Abb. 16: Regenerierte Mahlwalze mit rechteckigem Querschnitt und Einsatz von Hartauftragschweißung KALMETALL-W 100, Durchmesser 1 500 mm

Auch bei den Mahlrollen besteht die Wahl der Lieferung einteiliger Stücke bis zu einem Durchmesser von 2 000 mm. Darüber hinaus ist mit segmentierten Lösungen zu rechnen. Eine weitere Möglichkeit sind Mahlrollen mit Verschleiß-Bandagen – wiederum in der Alternative der Kompletbandage bzw. einer segmentierten Ausführung (Abb. 13).

Wenn der unvermeidbare Verschleiß der Mahlwerkzeuge soweit fortgeschritten ist, dass aufgrund von Mahlqualität und Mahlleistung die Einsatzfähigkeit der Mühle in Zweifel steht, bestehen zwei Möglichkeiten. Einerseits ergibt sich der Ersatz der verschlissenen Bauteile durch neue KALMETALL-C Lösungen (Abb. 14). Die Härte des Werkstoffes ergibt sich dabei aus der Bildung extrem harter Chromkarbide (Abb. 15).

Dies ist eine sichere, allerdings auch relativ teure Lösung. Demgegenüber bietet die Alternative der Regeneration der Bauteile unter Einsatz des Kalenborner Schweißservice mit KALMETALL-W die Herstellung der ursprünglichen Geometrie und darüber hinaus die Verwendung eines Werkstoffes, der in Härte und Güte die ursprüngliche Gusslösung noch übertrifft (Abb. 16).

Typischerweise werden die Regenerierungsarbeiten in hierfür spezialisierten Werkstätten durchgeführt. Das hat den Vorteil, dass unter Werkstatt-Bedingungen eine kontinuierliche Arbeit abgewickelt werden kann. Andererseits hat es den Nachteil, dass unter Vermeidung von langen Betriebsunterbrechungen Ersatzsysteme für die Mahlwerkzeuge zur Verfügung stehen müssen.

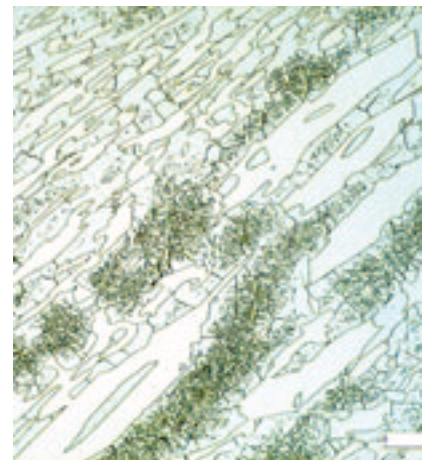


Abb. 15: Mikrostruktur von KALMETALL-C 153 (helle Bereiche sind primäre, dunkle Bereiche sekundäre Chromkarbide)

Typische Verschleißschutz-Werkstoffe in Rollenmühlen

	Oxidkeramik KALOCER	Zirkonkorund KALCOR	Hartmetall KALMETALL-HM	Siliziumkarbidkeramik KALSICA	Hartstoffkomponent KALCRET	Schmelzbasalt ABRESIST	Hartauftragschweißung KALMETALL-W	Hartguss KALMETALL-C
Materialeinlauf		■			■	■	■	
Mühlengehäuse	■		■				■	■
Mahlwerkzeuge - Mahlpendel - Mahlrollen - Mahlteller							■ ■ ■	■ ■ ■
Sichter - Sichtergehäuse - Sichterkonen - Sichterkäfige	■ ■ ■			■	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	
Mühlenauslauf		■			■	■	■	

Die Abbildung 17 zeigt den typischen Aufbau der Werkstattschweißung eines Mahltellers. Mittels eines Dreh-Kipp-Tisches wird der Mahlteller stets in die optimale Schweißposition gedreht. Das Regenerieren des Bauteiles erfolgt mit Fülldraht. Der Durchmesser des eingesetzten Fülldrahtes beträgt z. B. 2,8 mm, was zu einer Abschmelzleistung von ca. 10 kg/h führt.

Spezielle selbstschützende Fülldrähte ermöglichen eine hohe Fertigungsqualität und reduzieren die Bearbeitungszeiten weiter. Die eingesetzten Legierungen für hochverschleißfeste Auftragschweißungen sind in DIN 8555/5 genormt und in der Legierungsgruppe 10 zu finden.

Eine andere Lösung ist die Regeneration der verschlissenen Mahlwerkzeuge „in situ“, das heißt im eingebauten Zustand in der Mühle. Damit kann auf die aufwendige Demontage der Mühle verzichtet werden. Ebenfalls entfallen teure Transportkosten. Die Lösung hat allerdings den Nachteil, dass während des Schweißvorganges die Mühle in jedem Falle außer Betrieb ist.

Bei der Regenerierung im eingebauten Zustand wird der Mahlteller mittels eines Hilfsantriebes positioniert. Der Schweißprozess läuft automatisiert ab. Abhängig von der Bauteilgröße wird meist in Mehrdraht-Technik gearbeitet. Üblicherweise erfolgt der Einsatz von zwei Schweißbrennern, um die Anlagen-Stillstandszeiten zu reduzieren. Auch hier wird meist mit Fülldraht und einem Durchmesser von 2,8 mm gearbeitet. Die eingesetzte Legierung ist abhängig vom Einsatzfall.

Die Auftragschweißung des Mahltellers erfolgt mit Hilfe eines automatischen Antriebes kontinuierlich, bis die ursprüngliche Kontur wieder hergestellt ist. Im Falle einer Kohlemühle ist eine Auftragschweißung von ca. 25 mm realisiert worden. Bei gegebenem Durchmesser von 2 000 mm entspricht das einer Auftragschweiß-Menge von ca. 500 kg. Der gesamte Vorgang inklusive des Auf- und des Abbaus der Schweißanlage hat einen Zeitraum von 84 h, entsprechend 3,5 Tagen in Anspruch genommen.



Abb. 17: Regeneration eines verschlissenen Mahltellers in der Kalenborner Spezialwerkstatt



Abb.19: Entwickelte Kenntnisse bei der Regenerierung von Mahlwerkzeugen ermöglichen hervorragende Qualität und Dauerhaftigkeit der Auftragschweißung; die erzeugte Schweißstruktur ermöglicht darüber hinaus ein verbessertes Einzugsverhalten

Abb. 18: Mit dem Kalenborner Service werden Mahlrollen mit Hartauftragschweißung KALMETALL-W 100 wirksam regeneriert



Die Regeneration der Mahlwerkzeuge in Vertikalmühlen ist technisch wie ökonomisch gleichermaßen sinnvoll. Da die Härte der Hartauftragschweißung KALMETALL-W die Härte eines Chromhartgusses KALMETALL-C deutlich übersteigt, ergeben sich längere ununterbro-

chene Betriebszeiten unter Sicherung dauerhafter Produktqualität. In der Praxis können die Standzeiten der Mahlwerkzeuge unter Einsatz von KALMETALL-W in etwa verdoppelt werden. Die Regeneration der Mahlwerkzeuge ist preiswerter als die Beschaffung neuer Gussstücke.

Verschleißbereiche in Vertikalmühlen

■ Mahlrollen

Was für Mahlteller gilt, gilt in der Praxis gleichermaßen auch für Mahlrollen. Abbildung 18 zeigt eine der drei Mahlbandagen der Rohmehlmühle eines Zementwerkes auf einer Hilfskonstruktion für die Regenerierungsarbeiten. Die fertigen Mahlrollen haben einen Durchmesser von 3 000 mm.

Der für die Original-Bandagen eingesetzte Chromhartguss wies bereits nach kurzer Laufzeit von 9 Monaten einen Verschleiß von ca. 80 mm auf, was dringend Ausgleichsmaßnahmen notwendig machte. Das Zementwerk hat sich zum Einsatz des Schweißservice KALMETALL-W entschlossen. In enger Abstimmung mit dem Kunden ist die Regeneration der Mahlrollen durch Hartauftragschweißung in einer Halle unmittelbar neben dem Mahlwerk durchgeführt worden.

Für derartige Regenerierungsarbeiten sind Drehvorrichtungen und Antriebe notwendig, die auch bei kleinen Geschwindigkeiten trotz der großen Bauteilgewichte ruckfrei arbeiten. Darüber hinaus sind Schweißvorrichtungen erforderlich, die im Dauerbetrieb über 200 bis 300 h ohne Störung arbeiten und gleichbleibende Qualität gewährleisten.

Bei der Durchführung der Arbeiten ist der Schweißwerkstoff KALMETALL-W 100 als selbstschützender Fülldraht verwendet worden. Die mehrlagige Schweißnaht hat eine fertige Auftragsdicke von ca. 80 mm (Abb. 19). Die Herstellung der ursprünglichen Geometrie hat je Mahlbandage ca. 1 300 kg Schweißwerkstoff erfordert. Die durchschnittliche Abschmelzleistung betrug 8 kg pro h.

Im gegebenen Beispiel sind nicht nur die Mahlrollen regeneriert, auch der Mahlteller ist erneuert worden. Der Durchmesser des Mahltellers beträgt 5 200 mm. Die Regenerationsarbeiten fanden im eingebauten Zustand statt. Dies zeigt, dass auch größte Bauteile hinsichtlich der Regenerierung schweißtechnisch beherrschbar sind, wenn die notwendigen Randbedingungen geschaffen werden und ein kompetentes Fachteam die Arbeiten ausführt.

Zusammenfassung

Vertikalmühlen zur wirtschaftlichen Zerkleinerung von Massenschüttgütern in den verschiedensten Industrien unterliegen erheblichen Verschleißbeanspruchungen. Für hohe Mahlqualität und störungsfreien Dauerbetrieb ist es erforderlich, die jeweils optimalen Werkstoffe in den unterschiedlichen Bereichen der Mühlen einzusetzen. Bewährte Auskleidungswerkstoffe mit großer Härte für ausreichend lange Einsatzzeiten sind unter anderem:

- Schmelzbasalt ABRESIST
- Aluminiumoxid KALOCER
- Hartstoffkompond KALCRET
- Hartauftragschweißung KALMETALL-W
- Hartguss KALMETALL-C

Hartauftragschweißung KALMETALL-W eignet sich auch zur Regenerierung der Mahlwerkzeuge, wodurch einerseits Investitionskosten für Ersatzbeschaffungen gespart und andererseits die Standzeiten der Bauteile erhöht werden.

Während die Regenerierung der Mahlwerkzeuge in speziellen Beschichtungsbetrieben bei entsprechender Erfahrung problemlos durchführbar ist, wird aufgrund der stetig zunehmenden Bauteilgröße und der Forderung nach kürzesten Anlagenstillstandszeiten in immer stärkerem Umfange die Regenerierung vor Ort in eingebautem Zustand gewünscht. Dies setzt den Einsatz entsprechender Ausrüstungen und eines geschulten Serviceteams voraus, um sicherzustellen, dass die Arbeiten mit Erfolg durchführbar sind. Die Erfahrung zeigt, dass das Wissen heute bei den entsprechenden Fachfirmen gegeben ist.

Verschleiß ist allerdings im Bereich der Grundstoffindustrie nicht auf Vertikalmühlen beschränkt. Auch andere Mahlsysteme unterliegen erheblichen Belastungen im täglichen Betrieb. Hierzu zählen Horizontalmühlen gleichermaßen wie Walzenpressen oder sonstige Mahlanlagen.

In jedem Falle bedarf es einer genauen Analyse, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um zu ähnlich positiven Ergebnissen zu kommen, wie im Bereich der Vertikalmühlen. Unter Einsatz der richtigen Verschleißwerkstoffe und des entsprechenden Befestigungssystems können in der Mahltechnik in der Grundstoffindustrie hervorragende Arbeitsergebnisse auf Dauer erzielt werden.

Verschleißfeste Auskleidungen in der praktischen Anwendung

Auskleidung	Werkstoff-Härte		Prozess-Parameter					Bemerkungen
	Mohs (1)	Vickers (2) HV	Max. Förderge- schwindigkeit m/s	Fördergut- Dichte g/cm ³	Max. Temperatur °C (3)	Temperatur- schock- Beständigkeit	Prall- verschleiß- Festigkeit	
Siliziumkarbid- keramik KALSCIA-S	9,3	(2 300)	35	>3,0	1 000	++++	++	Für extreme Anwendungen
Oxidkeramik KALOCER	9,1	(2 100)	>30	>3,0	350	0	+	Standard-Platten. dünne Wandstärken, Mosaik
Zirkonkorund KALCOR	9	(2 000)	>30	>3,0	800	++	++	Große Stücke, Form- stücke, dicke Wandst.
Siliziumkarbid- keramik KALSICA-N	8,8	(1 800)	>25	>3,0	1 000	+++	+	Gute Temp./Temp.- Schock-Beständigkeit
Gesintertes Zirkon- korund KALCOR-S	8,5	(1 600)	>25		800	+++	++	Wirtschaftliches KALCOR
Hartstoffkompond KALCRET-B	8,1	(1 250)	22	≤3,0	800	+++	+	Kommt in Säcken, keine Fugen, bestän- dig geg. hohe Temp.
Schmelzbasalt ABRESIST	8	(1 140)	22	≤3,0	350	0	+	Best. für hohe Förder- ströme bis 3,0 g/cm ³ , bis 22 m/s., begrenz- te Temperaturen
Hartauftrag- schweißung KALMETALL-W 100	(7,5)	700	20	-	350	++	++	Schlagbeständig, geringes Gewicht
Hartguss KALMETALL-C 153	(7,2)	580	20	-	350	++	+++	Schlagbeständig, wirtschaftlich bei großen Stückzahlen
Hartkeramik KALCERAM	6	(500)	-	-	350	0	+	Bunkerauskleidung, Gleitförderung

(1) Die Mohs-Skala gilt nur für keramische Materialien, für andere Materialien lediglich Vergleichszahlen (Werte in Klammern)

(2) Die Angaben in Vickers HV gelten nur für metallische Materialien, für andere Materialien lediglich Vergleichszahlen (Werte in Klammern)

(3) Die angegebenen Temperaturen beziehen sich auf Standard-Anwendungen, andere Temperaturen sind mit den techn. Abteilungen von Kalenborn abzustimmen

Fordern Sie weitere Informationen von Kalenborn an

**Kalenborn Kalprotect
GmbH & Co. KG**

Asbacher Strasse 50
D-53560 Vettelschoss

Telefon +49.(0) 2645.18-0
Telefax +49.(0) 2645.18-112
Telefax +49.(0) 2645.18-180 (Export)

kalenborn@kalenborn.de
www.kalenborn.de



Die Verschleißschutz-Experten

KALENBORN, ABRESIST, KALCOR, KALOCER, KALSICA, KALCRET, KALMETALL, KALINOX und KALEN sind Warenzeichen von Kalenborn. Diese Druckschrift und unsere sonstigen Technischen Auskünfte dienen zu Ihrer Unterrichtung und Beratung. Alle technischen Daten basieren auf der Auswertung von Tests aus bestimmten Proben. Sie sind nicht als Gewährleistung auszulegen, für die wir eine gesetzliche Haftung übernehmen. Technische Änderungen und Irrtum vorbehalten.