

Wolfgang Gerhold

Klüber Lubrication München KG, München/Germany

Schmierstoffe für die Zementindustrie – Aktuelle Anwendungen und Entwicklungstrends

Zusammenfassung: Die Zementindustrie stellt vielfältige Anforderungen an die Auswahl von Schmierstoffen. Eine praxis- und applikationsorientierte Vorgehensweise bei der Entscheidung für einen Schmierstoff trägt dazu bei, Kosten für Wartung und Instandhaltung eines Zementwerkes einzusparen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Anwendungskriterien von Schmierstoffen in den einzelnen technischen Elementen und Baugruppen. Es wird aufgezeigt, welche Lösungen den hauptsächlichen Anforderungen dieser Branche am besten genügen.

Lubricants for the cement industry – current applications and development trends

Summary: The cement industry places varied demands on the choice of lubricants. A practical procedure that is aimed at specific applications when choosing a lubricant helps to save costs for servicing and maintaining cement plants. This article provides an overview of the application criteria for lubricants used in the individual engineering elements and assemblies. It will indicate the solutions that best satisfy the main requirements of this industry.

Lubrifiants pour l'industrie du ciment – Applications actuelles et tendances de développement

Résumé: L'industrie du ciment formule des exigences variées quant au choix des lubrifiants. Un choix de lubrifiant tenant compte de la pratique et de l'application respective permet en effet d'économiser des frais d'entretien et de maintenance de la cimenterie. Cet article donne un aperçu sur les critères d'emploi des lubrifiants pour les éléments techniques et ensembles constitutifs. Les solutions répondant au mieux aux exigences essentielles de cette branche sont présentées ici.

Lubricantes para la industria del cemento – Situación actual y tendencias de desarrollo

Resumen: La industria cementera plantea muy diversos requerimientos en la elección de lubricantes. Un procedimiento práctico y orientado a las aplicaciones en la elección de un lubricante conlleva la búsqueda de ahorro de costes y mantenimiento. Este artículo da una visión sobre los criterios de utilización de lubricantes en las distintas unidades y equipos. Se muestran las soluciones más idóneas a las más importantes necesidades en este aspecto.

1 Einleitung

Die Zementindustrie war schon immer ein vielseitiger und herausfordernder Markt für die Schmierstoffindustrie. Von dieser vielschichtigen Thematik betroffen sind nicht nur die Hersteller (OEM) von Maschinenkomponenten zur Zement-erzeugung, sondern auch die Betreiber der Zementwerke. Die zahlreichen, in ihren Anforderungen stark variierenden Anwendungen in einem Zementwerk fordern die ganze Aufmerksamkeit zunächst der Konstrukteure bei der Auswahl der geeigneten Schmierstoffe, die schließlich Eingang in die Schmierstoffempfehlungstabelle (SET) finden sollen. Später ist dann das technische Betriebspersonal gefragt, um einen Schmierstoff nach anwendungsspezifischen und ökonomischen Kriterien erneut zu bewerten. Im Zuge der weltweiten Bildung von Konzernen und Unternehmensgruppen erfolgt jedoch die Auswahl von Schmierstoffen und Lieferanten häufig zentral gesteuert, durch die Erstellung interner Listen. Das Betriebs-

1 Introduction

The cement industry has always been a diverse and challenging market for the lubricant industry. This complex topic involves the manufacturers of mechanical equipment for producing cement as well as the cement plant operators. The numerous applications in a cement plant with their widely varying demands require the full attention of the design engineer in choosing suitable lubricants. These are then listed in a table of recommended lubricants (lubchart). Later on the engineering plant personnel are asked to reevaluate a lubricant on the basis of specific applications and economic criteria. However, the formation of international combines and company groups has meant that the choice of lubricants and suppliers is often controlled centrally by compiling internal lists, while the operating personnel of a cement plant still remain fully responsible for the choice of lubricant for a specific application. The parallel existence of the table of recommended lubricants from the

personal eines Zementwerkes bleibt aber in der vollen Verantwortung für die Schmierstoffauswahl für eine bestimmte Anwendung. Die parallel existierenden SET der OEM und interne Listen erschweren so zusätzlich die Auswahl des effektivsten Schmierstoffes zusätzlich.

Bei der Entscheidung für einen Schmierstoff müssen eine Vielzahl von Einzelbewertungen und Detailbetrachtungen vorgenommen werden, um die für eine bestimmte Reibstelle beste, d. h. effektive und kostengünstige Lösung ausfindig zu machen. Ein großer Teil der jährlichen Kosten für Wartung und Instandhaltung eines Zementwerkes ließe sich einsparen, wenn diese Bewertung vom Betriebspersonal, unterstützt von einem Tribologen oder einem Anwendungsprofi, möglichst praxis- und anwendungsorientiert erfolgte.

2 Unterteilung der Schmierstellen

Allgemein gesagt sind Schmierstoffe immer dann erforderlich, wenn aufeinander gleitende oder rollende Flächen, an denen mechanische Reibung entsteht, voneinander getrennt werden sollen. **Bild 1** zeigt diesen Sachverhalt in einer Skizze. Die typischen Schmierstoff-Anwendungen in der Zementindustrie sind zu klassifizieren in:

- Technische Elemente, z. B. Lager, Kettentriebe, Seile, Kuppelungen, Gestänge, Wellen, Naben, Achsen, Bolzen, Federn, Dichtungen sowie
- Technische Baugruppen, z. B. offene und geschlossene Getriebe, Elektromotoren, Armaturen, Stützrolle/Ringsysteme, Fördersysteme, Hebezeuge, Pumpen, Kompressoren.

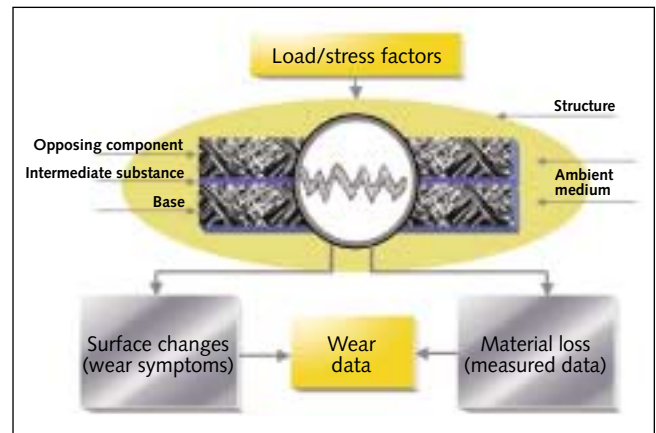
Dazu kommen Hilfssysteme zur kontinuierlichen Versorgung der technischen Elemente und Baugruppen in Form von:

- Hydrauliksystemen (z. B. Druckerzeugung und Versorgung großer Gleitlager oder Gleitschuhlagerungen),
- Ölumlauftsystemen (z. B. Versorgung geschlossener Getriebe, großer Wälzlager, offener Großantriebe) oder
- Zentralschmieranlagen unterschiedlichster Wirkungsmechanismen für die Ölversorgung oder Fettversorgung von technischen Elementen oder Baugruppen.

3 Anforderungen an die Schmierstoffe

Die in der Zementindustrie am häufigsten gestellten Anforderungen an die Schmierstoffe lauten Temperatur- und Druckbeständigkeit, Beständigkeit gegen Einflüsse durch Langsamlauf, Stoßbelastung und hohe Schwingungsbelastung sowie Beständigkeit gegen hohe Staubbekämpfung der Umgebungsluft. Dies sind nur einige der wichtigsten Punkte, da in dieser Branche grundsätzlich von einem so genannten „rauen Betrieb“, sprich hohem Staub- und Schmutzpartikelanteil in der Umgebungsluft, ausgegangen werden muss.

Hochtemperaturprozesse in Drehrohröfen, Windsichtern oder Heißgaslüftern erfordert immer häufiger die Verwendung von Hochtemperaturschmierstoffen, die insbesondere im Niedrig-Drehzahlbereich ihre volle Leistungsfähigkeit entfalten müssen. Bevor hier im Einzelnen auf Lösungen für die oben genannten Anwendungen eingegangen wird, ist es hilfreich, sich einmal die grundsätzlichen Regeln einer optimalen Versorgung mit Schmierstoff vor Augen zu führen. Grundsätzlich gilt:



1 Verschleiß hängt im Wesentlichen von der Materialpaarung, der Härte, der Geometrie und der Rauigkeit der Oberflächen sowie der Schmierfilmdicke ab.

1 Wear depends essentially on the material pairing, the hardness, the geometry and the roughness of the surfaces as well as the thickness of the lubricant film

OEM, the Original Equipment Manufacturer and the internal lists therefore makes the choice of the most effective lubricant even more difficult.

A large number of individual evaluations and detailed examinations have to be undertaken when choosing a lubricant in order to discover the best, i.e. most effective and economic, solution for a particular point of friction. A large part of the annual costs for servicing and maintaining a cement works can be saved if this evaluation is carried out by the operating personnel, assisted by a tribologist or an applications expert, in a way that is as practical and application-oriented as possible.

2 Classification of the lubrication points

In general, lubricants are always required where it is necessary to separate two surfaces that slide or roll over one another and cause mechanical friction. **Figure 1** shows this situation in a sketch. The typical lubricant applications in the cement industry can be classified into:

- engineering elements, e.g. bearings, chain drives, cables, couplings, rods, shafts, hubs, axles, bolts, springs, seals, and
- engineering assemblies, e.g. open and enclosed gear units, electric motors, control elements, supporting roller/ring systems, conveying systems, lifting gear, pumps, compressors.

These are supplemented by auxiliary systems for continuous supply of lubricant to the engineering elements and assemblies in the form of:

- hydraulic systems (e.g. pressure generation and supply for large plain bearings or shoe bearings)
- oil recirculating systems (e.g. supply for enclosed gear units, large roller bearings, large open girth gear drives) or
- central lubricating systems with widely varying operating mechanisms for supplying oil or grease to engineering elements or assemblies.

3 The requirements for lubricants

The most frequent demands made on lubricants in the cement industry are for temperature and pressure resistance, resistance



2 Kontinuierliche Wärmeabführung durch Ölschmierung schont die Laufflächen und Wälzkörper.
2 Continuous heat dissipation through oil lubrication preserves the bearing surfaces and the roller bodies

- Ölschmierung geht vor Fettschmierung
- Kontinuierliche Schmierung geht vor diskontinuierliche Schmierung
- Umlaufschmierung geht vor Verlustschmierung
- Umlaufschmierung geht vor Sumpfschmierung

Doch in der Praxis ist die Auswahl des Schmierstoffes und des Schmierverfahrens dem Anlagenbetreiber in der Regel durch die bestehende Maschinsituation vorgegeben.

4 Schmierstoffe für technische Elemente

4.1 Wälzlager

Stand: Wälzlager werden heute vorrangig mit Fetten geschmiert. Die Konstruktion dieser Systeme ist einfach und der Aufwand für Dichtungselemente ist gering, entspricht aber nicht dem Grundsatz „Ölschmierung geht vor Fettschmierung“.

Trend: Im Bereich Fettschmierung geht der Trend hin zur Langzeitschmierung, bei der man Spezialschmierstoffe mittels Zentralschmieranlagen appliziert und auf diese Weise lange bis sehr lange Nachschmierintervalle erhält. Mit eigens für eine spezielle Anwendung entwickelten Spezialfetten (gekapselte Lager) lässt sich sogar eine Lebensdauerschmierung erreichen. Bei Wälzlagern großer Dimensionen, meist betrieben im unteren Drehzahlbereich, fällt eine hohe Wärmemenge an, die durch eine entsprechend große Menge an appliziertem Schmierstoff abzuführen ist. Tendenziell nutzt man hierfür eine Ölschmierung (**Bild 2**), meist in Form einer Ölbad- oder Öltauchschmierung, einer Ölumlauf- oder einer Öleinspritzschmierung. Als Trend lässt sich die folgende Einteilung anhand der vorherrschenden Betriebstemperaturen erkennen: Verwendung von Mineralölen im Normal-Betrieb (ständig unter 80 °C), Verwendung von Polyalphaolephinen im Dauerbetrieb mit höheren Betriebstemperaturen (ständig über 100 °C), Nutzung von Polyglykolen im Dauerbetrieb unter Einfluss von hohen Betriebstemperaturen bis 140 °C.

4.2 Gleitlager

Stand: Gleitlager werden traditionell häufiger mit Ölschmierung ausgestattet, die Fettschmierung bildet eher die Ausnahme. Als gängige Methoden bieten sich die Ölumpfschmierung

to the effects of low speed, impact loading and high vibrational loading as well as resistance to high dust loading in the ambient air. These are only some of the most important points as in this industry it is basically necessary to assume “rough conditions”, meaning high levels of dust and dirt particles in the ambient air.

High temperature lubricants that are able to develop their full capabilities in the low speed range are being required increasingly for high temperature processes in rotary kilns, air classifiers, or hot gas fans. Before examining detailed solutions for the above-mentioned applications it will be helpful first to take a look at the basic rules for optimum provision of lubricants. In general it is true that:

- oil lubrication is preferable to grease lubrication
- continuous lubrication is preferable to intermittent lubrication
- circulation lubrication is preferable to loss lubrication
- circulation lubrication is preferable to sump lubrication

However, in practice the choice of the lubricant and the method of lubrication are, as a rule, determined for the plant operator by the existing machinery situation.

4 Lubricants for engineering elements

4.1 Roller bearings

Current situation: At present roller bearings are mainly lubricated with grease. The systems have simple designs and the cost of sealing elements is low, but this does not comply with the basic rule of “oil lubrication is preferable to grease lubrication”.

Trend: In the grease lubrication sector the trend is towards long-term lubrication in which special lubricants are applied by central lubricating systems and achieve long to very long intervals between relubrication. With special greases developed specifically for a special application (sealed bearings) it is even possible to achieve lifetime lubrication. Large roller bearings, which usually operate in the lower speed range, generate a large amount of heat that has to be dissipated by a correspondingly large quantity of applied lubricant. There is a tendency here to use oil lubrication (**Fig. 2**), usually in the form of oil bath or oil immersion lubrication, oil circulation lubrication or oil injection lubrication. There is a recognizable trend towards the following classification based on the prevailing operating temperatures: mineral oils are used in normal operation (always below 80 °C), Polyalphaolefines are used in continuous operation with higher operating temperatures (continuously above 100 °C), Polyglycols are used in continuous operation at high operating temperatures up to 140 °C.

4.2 Plain bearings

Current situation: Traditionally, plain bearings are normally provided with oil lubrication, and grease lubrication tends to be the exception. The usual methods are oil sump lubrication or circulation lubrication, but often also oil pressure lubrication. Large plain bearings, such as mill trunnion bearings, are removed from the area of wear-intensive boundary lubrication by using auxiliary and main oil pumping systems, especially during starting and stopping, in order to increase the service life.

oder die Umlaufschmierung, häufig auch die Öldruckschmierung an. Gleitlager großer Dimensionen wie Mühlenhalslager werden mit Hilfs- und Hauptkraftölpumpensystemen, insbesondere bei Anfahr- und Abfahrvorgängen, aus dem Bereich der verschleißintensiven Grenzschmierung herausgefahren, um die Lebensdauer zu erhöhen.

Trend: Sowohl Lagermaterialien als auch -formen erfahren eine ständige Verbesserung und Weiterentwicklung. Hierbei kommt der Anwendung von höherviskosen Ölen oder Fetten mit Grundölen einer hohen Viskosität immer stärkere Bedeutung zu. Eine höhere Ölviskosität resultiert immer in einer größeren Schmierfilmdicke, dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Gleitflächen komplett voneinander getrennt werden. Der Einfluss von Festschmierstoffen in Ölen und Fetten sinkt. Höchstviskose Fluide halten mehr und mehr Einzug in die Schmierung großdimensionierter Gleitlager. Der Wunsch nach langen, oft mehrjährigen Ölwechselintervallen führt mehr und mehr zur Verwendung vollsynthetischer Schmierstoffe als Ersatz für Schmierstoffe auf Mineralölbasis.

4.3 Seile und Ketten

Stand: Diese beiden technischen Elemente erfuhren in der Vergangenheit, und teilweise noch bis heute, zu wenig Beachtung. Die unregelmäßige Nachschmierung der Seile (z. B. Kran- und Förderseile) und Ketten, noch dazu mit nicht geeigneten Altschmierstoffen, war der Grund für eine hohe Verschleißrate und damit vergleichsweise kurze Lebensdauer. Seile als Sicherheitsteile werden dabei noch bevorzugt behandelt, während Ketten in Bezug auf eine regelmäßige, die Lebensdauer erhöhende Nachschmierung einen schlechten Stand haben. Bei einer qualitativ hochwertigen Rollenkette beispielsweise hängen bis zu 70 % der Lebensdauer von einer effektiven Erst- und Nachschmierung ab.

Trend: Die meisten Stahlseile erfahren heutzutage schon während der Herstellung eine Basisschmierung. Die Nachschmierung geschieht teilweise während des Betriebes mit Seilnachschiebungseinrichtungen oder aber manuell in bestimmten Intervallen. Ketten erhalten auch während des Betriebes eine Nachschmierung, technisch realisiert durch eine Übertragungsschmierung, meist mittels Hilfsschmiereinrichtungen wie Pinselübertragung, mitlaufende Schmierapparate oder eine intermittierende Sprühschmierung über Näherungsschaltungen. Frischschmierstoffe, vorrangig Kettenöle oder Kettenfließfette, liegen im Trend, Gebrauchtchmierstoffe für Seil- und Kettenschmierung sind dagegen überholt.

4.4 Kupplungen

Stand: Zur Übertragung großer Antriebsleistungen hat sich in der Zementindustrie als drehstarre Ausgleichkupplung die Zahnkupplung durchgesetzt. Im Gegensatz zu drehelastischen Kupplungen, z. B. Klauen-, Scheiben- oder Bolzenkupplungen, muss man Zahnkupplungen schmieren. Es gilt wieder der Grundsatz „Ölschmierung geht vor Fettschmierung“, jedoch können auch weiche Fette sowie Fließfette (meist mit Graphit oder Molybdändisulfid (MoS_2)) zur Anwendung gelangen. Die Ölschmierung erfordert allerdings einen höheren Aufwand beim Abdichten der Fügeflächen der Kupplungshälften. Die Abdichtung durch Fugenkleber hat sich dabei bewährt.

Trend: Am technischen Stand der Lösungen zur Verbindung fluchtender und nicht fluchtender Wellen durch speziell ausge-

Trend: Both the material and the shape of the bearings are being continuously improved and refined. The use of highly viscous oils or greases with high viscosity base oils is becoming increasingly important. A higher oil viscosity always produces a greater lubricant film thickness, which increases the probability that the sliding surfaces will be completely separated from one another. The influence of solid lubricants in oils and greases is decreasing. Very highly viscous fluids are being used increasingly for lubricating large plain bearings. The requirement for long intervals between oil changes, often of several years, is leading more and more to the use of fully synthetic lubricants to replace lubricants based on mineral oils.

4.3 Steel ropes and chains

Current situation: Too little attention has been paid in the past, and in some cases even now, to these two engineering elements. Irregular relubrication of steel ropes (e. g. crane and conveying cables) and chains, sometimes with used and unsuitable lubricants, has been the reason for the high level of wear and comparatively short service life. Cables that form part of safety equipment are given preferential treatment, while chains tend to suffer with respect to regular relubrication to increase the service life. For a high-grade roller chain, for example, up to 70 % of the service life depends on effective initial lubrication and relubrication.

Trend: The majority of steel ropes are now provided with basic lubrication during manufacture. Relubrication is sometimes carried out during operation with cable-relubricating equipment or manually at given intervals. Chains are also relubricated during operation. This is carried out by transfer lubrication, usually with the aid of auxiliary lubricating equipment, such as brush transfer, on-line lubricating equipment or intermittent spray lubrication controlled by proximity switches. The trend is towards fresh lubricants, primarily chain oils or fluid chain greases, and the use of used lubricants for lubricating steel ropes and chains has become a thing of the past.

4.4 Couplings

Current situation: Gear couplings have become generally established in the cement industry as rotationally rigid compensating couplings for transmitting large drive powers. Unlike rotationally flexible couplings, such as claw, disc or bolt couplings, toothed couplings have to be lubricated. The basic rule that “oil lubrication is preferable to grease lubrication” applies again, but soft greases and fluid greases (usually containing graphite or molybdenum disulphide (MoS_2)) can also be used. Oil lubrication requires greater expenditure on sealing the joint faces of the half-couplings, but the use of joint adhesive for sealing has proved successful.

Trend: There has been no change in the technical solutions for connecting aligned and non-aligned shafts by specially selected couplings. Oil-lubricated gear couplings continue to be successful although there is no opportunity for checking the level during operation if an oil leak occurs. There are also many grease-lubricated toothed couplings in use. However, high centrifugal forces can cause the mass of grease to adhere to the inner surface of the coupling housing, resulting in inadequate supply to the tooth meshing. Oil lubrication with careful joint sealing proves to be a particularly reliable solution.

wählte Kupplungen hat sich nichts geändert. Ölgeschmierte Zahnkupplungen machen weiterhin Punkte gut, obwohl hier während des Betriebs keine Möglichkeit zur Füllstandskontrolle im Falle von Ölleckagen besteht. Fettgeschmierte Zahnkupplungen sind ebenfalls häufig zu finden. Durch hohe Zentrifugalkräfte kann es aber zu einer Haftung der Fettmassen an der Innenfläche des Kupplungsgehäuses kommen, was eine ungenügende Versorgung des Zahneingriffs zur Folge hat. Die Ölschmierung mit einer sorgfältigen Teilfugenabdichtung erweist sich als besonders zuverlässige Lösung.

5 Schmierstoffe für technische Baugruppen

5.1 Geschlossene Getriebe

Stand: Stirnrad-, Planeten- und Kegelradgetriebe sind häufig in der Zementindustrie anzutreffen. Dazu kommen kombinierte Stirnrad-Schraub-, Kegelrad-Schraub- sowie Schneckenrad-Getriebe. Diese Getriebetypen werden grundsätzlich mit qualitativ hochwertigen, legierten Mineralölen geschmiert. Bei richtiger Auslegung des Getriebes erfüllt dieses Vorgehen alle Anforderungen hinsichtlich Druck-, Geschwindigkeits- und Temperaturbeständigkeit. Die Betriebstemperatur geschlossener Getriebe sollte 80 °C nicht überschreiten. Als bewährte Schmiermethoden erweisen sich die Ölumpf-, die Einspritz- sowie die Ölnebelschmierung.

Trend: Die genannten Typen stellen auch zukünftig die wichtigsten geschlossenen Getriebe in der Zementindustrie dar. Die zu übertragenden Leistungen steigen jedoch, ohne dass dabei die Getriebegeometrien adäquat anpasst werden: Um Leistungsreserven auszuschöpfen, nähert man sich den Grenzbereichen der Belastbarkeit, vorrangig der thermischen Belastbarkeit. Dabei steigen gleichzeitig die Anforderungen an die Werkstoffe der Einzelemente (Lager, Zahnräder, Wellen, Dichtungen) sowie an den Schmierstoff. Das ruft höherviskose Öle oder Fließfette mit Extrem Pressure (Hochdruck) und Anti Wear (Verschleißschutz) Additiven auf den Plan. Bei höherer Fressgefahr nutzt man tendenziell eher synthetische Öle, z. B. Polyalphaolefine (PAO) sowie Polyglykole (PG). PAO lässt sich mit Mineralölen mischen und verlängert die Wechselintervalle ca. um den Faktor 3 gegenüber Mineralölen. Polyglykole dagegen sind nicht mischbar mit Mineralölen, verlängern aber die Wechselintervalle etwa um den Faktor 5 gegenüber Mineralölen. Es gilt die 15 K-Regel: Bei einer Absenkung der Betriebstemperatur um 15 K verdoppelt sich die Standzeit der Ölfüllung. Diese Regel gilt natürlich nicht bei extremer Kontamination des Öls.

5.2 Offene Getriebe

Stand: Die Sprühschmierung ist als Schmiermethode sowohl für schwarze Haftschiernfette als auch für transparente hochviskose Öle und Fluide weltweit im Zementmarkt am weitesten verbreitet. Danach folgen die Tauchbad- und die Ölumlaufschmierung. Der bedeutendste Teil aller Großantriebe wird mit grafithaltigen, schwarzen Haftschiernstoffen geschmiert (**Bild 3**). Bitumenhaltige oder bitumenfreie helle Sprühschiernstoffe, basierend auf Grundölen hoher Viskosität, findet man ebenfalls sehr häufig im Markt (**Bild 4**). Derzeit am geringsten verbreitet ist die Schmierung von Großantrieben mit Mineralölen oder hochviskosen transparenten Fluiden ohne Festschiernstoffe (**Bilder 5 und 6**). Dies ist bedauerlich, denn die Ölschmierung genießt die höchste Priorität aller Schmiermethoden und es lässt sich bei der Anwendung hochviskoser

5 Lubricants for engineering assemblies

5.1 Enclosed gear units

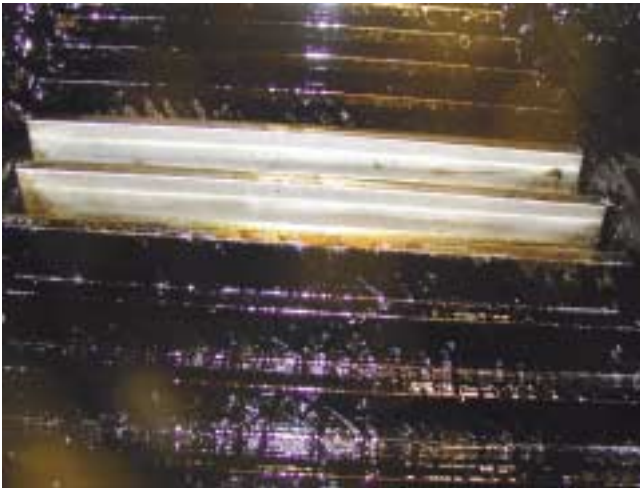
Current situation: Spur gear, planetary gear and bevel gear units are often found in the cement industry. In addition to this there are combined crossed helical gears, hypoid bevel gears and wormgear units. These types of gear unit are usually lubricated with high-grade, doped, mineral oils. If the gear unit is correctly designed then these mineral oils fulfil all the requirements with respect to pressure, speed and temperature resistance. The operating temperature of enclosed gear units should not exceed 80 °C. Oil sump, injection and oil mist lubrication have proved successful methods of lubrication.

Trend: The types mentioned will continue to be the most important enclosed gear units in the cement industry. However, the power to be transmitted is increasing without adequate adaptation of the gear geometry. This is approaching the limit of loadability, primarily thermal loadability, in order to make full use of performance reserves. At the same time the demands made on the materials of the individual elements (bearings, gears, shafts, seals) and on the lubricant are rising. This is bringing highly viscous oils or fluid greases with extreme pressure and antiwear additives into action. Where there is a high risk of scuffing the tendency is to use synthetic oils, e. g. Polyalphaolefines and Polyglycols. Polyalphaolefines can be mixed with mineral oils and extend the intervals between changes by a factor of about 3 when compared with mineral oils. Polyglycols, on the other hand, are not miscible with mineral oils but extend the intervals between changes by a factor of about 5 when compared with mineral oils. The 15 K rule applies: the service life of the oil filling is doubled when the operating temperature is lowered by 15 K. This rule does not, of course, apply if the oil is heavily contaminated.

5.2 Open gear units

Current situation: Spray lubrication is the method of lubrication most widely used in the cement market both for black adhesive lubricating greases and for transparent highly viscous oils and fluids. This is followed by immersion and oil recirculation lubrication. Most of all large girth gear drives are lubricated with black adhesive lubricants that contain graphite (**Fig. 3**). Bituminous or clear, bitumen-free, adhesive lubricants, based on high viscosity base oils are also in frequent use (**Fig. 4**). The least widely used system at present is the lubrication of large drives with mineral oils or high viscosity transparent fluids without solid lubricants (**Figs. 5, 6**). This is regrettable in that oil lubrication enjoys the highest priority of all methods of lubrication and by using highly viscous oils it is possible to achieve a substantial reduction in vibration (up to 40 %), tooth flank temperatures (up to 30 %) and consumption quantities (by up to 50 %). This can be seen from **Figures 7–9**.

Trend: Large open drives will become less important in the future. In grinding mill technology, e.g. increasing preference is being given to large enclosed girth gear drives, lubricated with doped mineral oils. For rotary kilns the friction drive through the kiln support rollers is becoming more important and large drives will be used more rarely. Recirculating lubrication, operated as a continuous lubrication system with small top-up quantities, will become considerably more influential as high viscosity oils and transparent fluids are on the increase. This trend is a result of the demands of the manufacturers of large



- 3 Nur im Stillstand einer Maschine können detaillierte und aussagekräftige Inspektionsresultate der gereinigten Zahnflanken erzielt werden. Der Reinigungsaufwand der Zahnflanken steht nicht im Verhältnis zum Produktionsausfall; nur schwere Schäden lassen sich feststellen (Zahnbruch).
- 3 Only when a machine is stationary is it possible to obtain detailed and informative inspection results for the cleaned tooth flanks. The effort of cleaning the tooth flanks is out of proportion to the loss of production; only serious damage can be detected (tooth breakage)

Öle eine erhebliche Reduzierung der Schwingungen (bis 40 %), der Zahnflankentemperaturen (bis 30 %) und der Verbrauchsmengen um bis zu 50 % erzielen. Dies lässt sich in den **Bildern 7–9** erkennen.

Trend: Der offene Großantrieb verliert in Zukunft insgesamt an Bedeutung. In der Mahltechnik bevorzugt man immer mehr den geschlossenen Großantrieb, geschmiert mit legierten Mineralölen. Für Drehrohröfen wird der Reibantrieb über die Ofenstützrollen an Bedeutung gewinnen, der Großantrieb wird seltener genutzt werden. Die Umlaufschmierung wird als kontinuierliches Schmiersystem mit geringen Nachfüllmengen erheblich an Einfluss zulegen, da hochviskose Öle und transparente Fluide auf dem Vormarsch sind. Dieser Trend resultiert aus den Forderungen der Großantriebshersteller nach höheren Zahnflankensicherheiten durch große Schmierfilmdicken. Die schwarzen Haftschrifterstoffe werden über die nächsten Jahre nach und nach abgelöst.

5.3 Elektromotoren

Die Schmierung der Elektromotoren ist ein wichtiger Punkt innerhalb der betrachteten Thematik. Da es sich dabei aber fast immer um die Schmierung der Lager für den Rotor handelt, wird auf die Ausführungen unter 4.1 und 4.2 verwiesen.

5.4 Industriearmaturen

Stand: Sollen Rohrschalter in Form von Absperrorganen, Regelorganen oder Sicherheitsorganen (Ventile, Schieber, Hähne, Klappen) zuverlässig funktionieren, müssen sie an verschiedenen Reibstellen geschmiert werden. Doch diese Bauteile erfahren im täglichen Geschäft nicht immer die ihr zustehende Aufmerksamkeit. Erst bei Schwergängigkeit, wenn Quietschgeräusche oder Undichtigkeiten auftreten oder bereits der bevorstehende Ausfall erkennbar ist, greift man zu einem der „üblichen“ Fette. Nur besonders sensible Medien (Chemikalien, Sauerstoff, Heißdampf etc.) oder äußerst wichtige Armaturen, die bei einem Ausfall hohe Kosten verursachen würden, genießen größere Aufmerksamkeit. Zu schmieren sind Spin-



- 4 Qualifizierte Zustandsaussagen der Zahnflanken eines mit Bitumenschmierstoff geschmierten Mühlenantriebes sind während des Betriebes nicht möglich.
- 4 It is not possible to obtain high-quality information about the condition of the tooth flanks of a mill drive lubricated with bitumen lubricant during operation

girth gear drives for higher tooth flank protection through thick lubricating films. The black adhesive lubricants will gradually disappear over the next few years.

5.3 Electric motors

The lubrication of electric motors is an important point within the topic under consideration. However, this almost always involves the lubrication of rotor bearings, so reference is made to the comments under 4.1 and 4.2.

5.4 Industrial valves and fittings

Current situation: If valves and fittings in pipework, in the form of shut-off devices, control devices or safety devices (valves, slides, stopcocks, flaps) are to function reliably they must be lubricated at the various points of friction. However, these components do not always receive the attention in everyday use to which they are entitled. Only when they become stiff or if squeaking noises or leaks occur, or even when imminent failure is detected, is one of the “usual” greases applied. Greater attention is given only to particularly sensitive media (chemicals, acid, superheated steam, etc) or to extremely important control elements where failure could cause serious costs. Spindles, seals, glands, steam heads, sealing cones and slide drives (usually worm drives), etc., have to be lubricated.

Trend: To fulfil the demands made by production management for greater effectiveness and component protection as well as reliable, trouble-free, operation of pipeline networks there is an increasing trend towards providing the control elements with a special lubricant during manufacture, which is then also used for routine relubrication. Depending on the application criteria for the industrial control elements, e.g. high temperatures, aggressive media or legislative demands (drinking water, Federal Office for Materials Testing, foodstuffs, Water Resources Policy Act), the tendency is to use special, carefully selected, lubricants. These are usually greases or pastes of varying consistency that can be applied with grease guns, brushes or spatulas.



5 Klar erkennbares Schadensbild der Zahnflanken eines mit transparentem Schmierstoff versorgten Antriebsritzels auch während des Betriebes.

5 Damage pattern on the tooth flanks of a drive pinion supplied with transparent lubricant – clearly recognizable even during operation



6 Flankenzustand eines mit transparentem Schmierstoff versorgten Trommelantriebes – auch vom Betriebspersonal leicht zu erkennen und einzuschätzen; Digitalfotos erleichtern die Zustandsfixierung und können zur professionellen Beurteilung versendet werden.

6 Flank condition of a drum drive supplied with transparent lubricant – easy to detect and assess by the operating personnel; digital photographs make it easier to establish the condition and can be sent off for professional assessment

deln, Dichtungen, Stopfbuchsen, Dampfköpfe, Dichtkegel und Schieberantriebe (meist Schneckenantriebe) etc.

Trend: Um die Forderungen der Produktionsleitungen nach hoher Effektivität und Bauteilsicherheit sowie einem zuverlässigen, störungsfreien Betrieb von Rohrleitungsnetzen zu erfüllen, rüstet man die Armaturen bereits bei der Herstellung immer häufiger mit einem Spezialschmierstoff aus, mit dem auch regelmäßig nachgeschmiert wird. Entsprechend den Anwendungskriterien von Industriearmaturen, z. B. hohe Temperaturen, aggressive Medien oder den Forderungen der Gesetzgebung (Trinkwasser, BAM, Lebensmittel, WHG), nutzt man tendenziell gezielt ausgewählte Spezialschmierstoffe. Meist sind das Fette oder Pasten unterschiedlicher Konsistenzen, die mit Fettpresse, Pinsel oder Spachtel aufgebracht werden können.

5.5 Gebläse und Kompressoren

Stand: Zementwerke benötigen enorme Mengen an Druckluft – sie ist die teuerste Hilfsenergie überhaupt. Die zur Erfüllung der Vorschriften eingesetzten Entstaubungsfilter werden mit kurzen, hochvolumigen Druckluftstößen gereinigt, um eine optimale Wirksamkeit zu erzielen. Zudem benötigen die pneumatischen „Shock Blower“ enorme Druckluftmengen, um den Schüttgutfluss auch an ungünstigen Stellen im Silo in Bewegung zu halten. Und schließlich benötigt man Druckluft auch noch in Homogenisierungsprozessen, als Fördermedium bei Abfüllvorgängen in Silofahrzeuge oder in Säcke sowie als Steuerluft in pneumatischen Elementen. Zur Herstellung von Druckluft nutzt man Gebläse und Kompressoren. Während Gebläse einen großen Volumenstrom bei niedrigen Drücken liefern, erzeugen Schrauben-, Kolben- oder Rotationskompressoren höhere Drücke bei niedrigeren Volumenströmen.

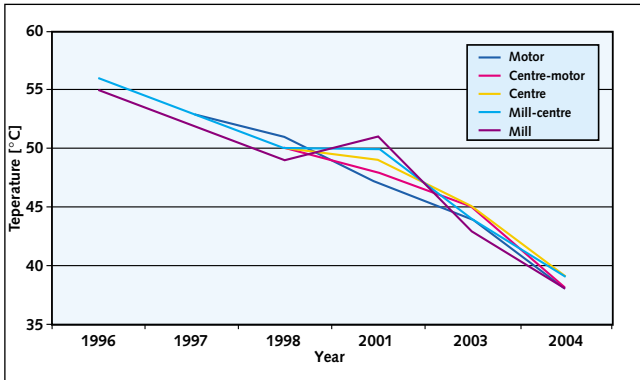
Die Schmierung von Gebläsen reduziert sich auf die Lager und das Getriebe. Hier gibt es keinen Kontakt zwischen Druckluft und Schmieröl. Im Gegensatz dazu gibt es bei der Schmierung von ölingspritzten Kompressoren einen intensiven Kontakt zwischen der Druckluft und dem Schmieröl. Dies führt be-

5.5 Blowers and compressors

Current situation: Cement plants require enormous quantities of compressed air – it is by far the most expensive form of auxiliary energy. The dedusting filters used to comply with the regulations are cleaned with short, high-volume, blasts of compressed air to achieve optimum effectiveness. The pneumatic “shock blowers” also require enormous quantities of compressed air to keep the flow of bulk material in motion in silos at difficult positions. And finally, compressed air is also needed in homogenizing processes, as a transport medium when filling bulk tanker vehicles or bags and as control air in pneumatic elements. Blowers and compressors are used for producing compressed air. Blowers supply large volume flows at low pressures, while screw, piston or rotary compressors generate higher pressures at lower volume flows.

The lubrication of blowers is confined to the bearings and the gear unit. In this case there is no contact between compressed air and lubricating oil. In contrast, the lubrication of oil-injected compressors involves intensive contact between the compressed air and the lubricating oil. This leads to the oxidation and corresponding contamination of the oil, especially at high final compression temperatures. In compressors that are lubricated with mineral oil this leads to short oil change intervals and premature failure (**Fig. 10**). On the other hand, a good compressor oil (synthetic) is characterized by intervals between changes of over 8 000 operating hours without the formation of residues or premature loading of the oil separator and oil filter. This provides the operator with economical, low-maintenance, operation of the compressors with long-term reliability.

Trend: Increasing use is now being made of synthetic compressor oils as the specific loadings in the compressors are rising and the oil quantities are becoming ever smaller (**Fig. 11**). Intervals between oil changes of 8 000 operating hours are now state of the art. Synthetic oils also offer the advantage of



7 Erhebliche Absenkung der Flankentemperaturen durch die Verwendung hochviskoser transparenter Fluide.
7 Substantial reduction of flank temperatures through the use of transparent, highly viscous, fluids

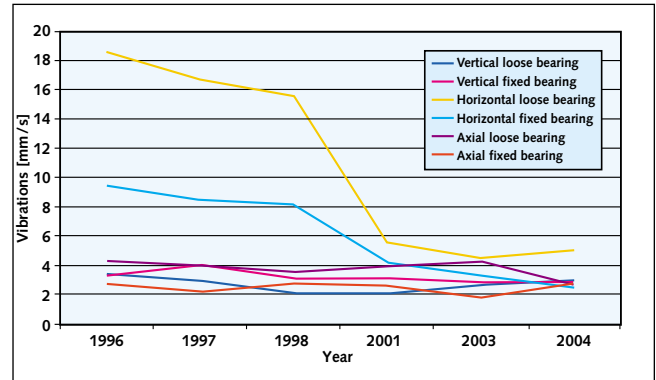
sonders bei hohen Verdichtungsendtemperaturen zu einer Oxidation und zu einer dementsprechenden Belastung des Öls. Dadurch kommt es bei Kompressoren, die mit Mineralöl geschmiert werden, zu kurzen Ölwechselintervallen und einem frühzeitigen Ausfall (Bild 10). Ein gutes Kompressorenöl (synthetisch) dagegen zeichnet sich durch Wechselintervalle von über 8000 Betriebsstunden (Bh) aus, ohne dabei Rückstände zu bilden oder Ölabscheider und Ölfilter frühzeitig zu beladen. Dies ermöglicht dem Betreiber einen wartungsarmen, wirtschaftlichen und langfristig zuverlässigen Betrieb der Kompressoren.

Trend: Inzwischen greift man vermehrt auf synthetische Kompressorenöle zurück, da die spezifischen Belastungen in den Kompressoren steigen und die Ölmengen immer kleiner werden (Bild 11). Wechselintervalle von 8000 Bh gehören heute zum Stand der Technik. So bieten synthetische Öle auch den Vorteil einer geringeren Stromaufnahme des Kompressors. Bis zu 3 % der Energiekosten kann der Betreiber hier einsparen. Außerdem kann der Anteil von Öldampf in der verdichteten Druckluft durch spezielle Öle im besten Fall um das 20fache reduziert werden. Dies spart Kosten bei der Druckluftaufbereitung und der Ölnachfüllung am Kompressor.

5.6. Hebe- und Förderzeuge

Stand: Hinter den Begriffen Hebezeuge und Förderanlagen verbergen sich zahlreiche Einzelkomponenten, die weiter oben bereits beschrieben wurden: Lager, geschlossene Getriebe, offene Getriebe, Rollen, Ketten, Winden, Laufkatzen, Seile, Fahrwerke und vieles mehr. Das komplexe System der Hebe- und Fördertechnik ist eines der wichtigsten in einem Zementwerk, sichert es doch den stetigen oder unstetigen Materialfluss und trägt demzufolge zur Produktionssicherheit bei. Die Schmierung der Einzelanwendungen wird hier nicht noch einmal im Detail dargestellt, wohl aber soll die Wichtigkeit der Erstschmierung und der regelmäßigen Nachschmierung dieser Einzelkomponenten hervorgehoben werden.

Trend: Technische Lösungen für eine wenig störanfällige Versorgung der Maschinenkomponenten mit Schmierstoffen sind dichte Gehäuse der geschlossenen Getriebe und Lagergehäuse zur Verminderung von Leckagen und beschleunigter Kontamination durch neuartige Dichtungselemente und -materialien, Lebensdauerschmierung oder Langzeitschmierung von Wälz-



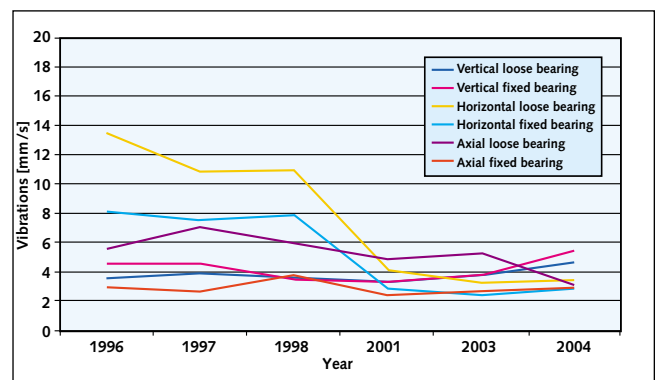
8 Erhebliche Absenkung der Schwingwerte durch die Verwendung hochviskoser transparenter Fluide (eindrehendes Antriebsritzel)
8 Substantial reduction of vibration values through the use of transparent, highly viscous, fluids (inward turning pinion)

lower power consumption by the compressor. The operator can save up to 3 % of the power costs. The amount of oil vapour in the compressed air can also be reduced by 20-times in the best case by using special oils. This saves costs in processing the compressed air and when topping-up the compressor with oil.

5.6 Lifting and materials handling gear

Current situation: The term lifting and materials handling gear covers numerous individual components that have already been described above: bearings, enclosed gear units, open gear units, rollers, chains, hoists, crane trolleys, cables, traversing mechanisms and much more. The complex system of lifting and materials handling is one of the most important in a cement plant as it ensures the continuous or intermittent flow of materials and, as a consequence, contributes to reliable production. The lubrication for the individual applications will not be described again in detail here but the importance of the initial lubrication and of regular relubrication of these individual components should be emphasized.

Trend: The technical solutions for supplying the machine components reliably with lubricants include sealed casings for the enclosed gear units and bearing housings that avoid leakage and accelerated contamination through new types of sealing elements and materials, and life-long lubrication or long-term



9 Erhebliche Absenkung der Schwingwerte durch die Verwendung hochviskoser transparenter Fluide (ausdrehendes Antriebsritzel)
9 Substantial reduction of vibration values through the use of transparent, highly viscous, fluids (outward turning pinion)



- 10** Das Schraubenpaar dieses Kompressors, mit Mineralöl geschmiert, fiel nach 7 000 Betriebsstunden aus.
10 The screw pair of this compressor, which was lubricated with mineral oil, failed after 7 000 operating hours

lagern durch Kapselung sowie zuverlässig arbeitende Öl- und Fettversorgungsanlagen. Die Verwendung von Spezialschmierstoffen anstelle von Standardschmierstoffen erhöht außerdem die Lebensdauer der Bauteile. Der Kontrolle, Überwachung und Registrierung dieser Öl- und Fettversorgungsanlagen kommt erheblich höhere Bedeutung zu (SPS-Steuerungen), so dass sich Funktionsprozesse nachvollziehbar durch z. B. permanente Schwingungsmessung oder Temperaturmessung dokumentieren lassen. Langfristig gesehen senken Standardschmierstoffe nicht die Kosten, sondern steigern diese durch kürzere Ersatzteilbeschaffungszyklen und erhöhten Reparaturaufwand.

6 Fazit

Kostenreduzierung sowie Produktionssicherung und Produktionssteigerung lauten die wichtigsten Ziele der Betreiber von Zementwerken. Diese Ziele lassen sich heute aber nur durch innovatives Denken und die kreative Umsetzung der einmal gefundenen und bewährten Lösungen erreichen. Weitblickendes Denken und Handeln betrachtet nicht nur die momentan anfallenden Kosten für Schmierstoffe, sondern die gesamte Lebensdauer einer technischen Komponente. Wenn die Komponente durch eine optimale Initialschmierung und Nachschmierung die berechnete Lebensdauer erreicht oder in den Bereich dieser Lebensdauervorhersage kommt, so können die genannten Ziele erreicht werden. Hochleistungsschmierstoffe sind dazu das „Mittel der Wahl“, da sie einen zusätzlichen Nutzen bieten. Die zunächst verwirrend erscheinenden Mehrausgaben oder Investitionsvolumina bei der Anschaffung dieser Schmierstoffe erklären sich beim detaillierten Kalkulieren der Vorteile: Zunächst etwas höher im Preis und damit scheinbar unattraktiv, lassen sich durch den zusätzlichen Nutzen der Hochleistungsschmierstoffe die Kosten für Schmierstoffe beträchtlich senken, bei einem Großantrieb zum Beispiel um bis zu 25 %. Auch geringere Investitionen in Ersatzteile, sinkende Personalkosten für Wartung und Instandhaltung und geringere Produktionsausfallkosten bieten ein erhebliches Einsparpotenzial. Letztendlich lassen sich die angestrebten Produktionszahlen sichern und steigern.



- 11** Das Schraubenpaar dieses Kompressors, mit synthetischem Öl geschmiert, kann auch nach mehr als 10 000 Betriebsstunden noch störungsfrei betrieben werden.
11 The screw pair of this compressor, which was lubricated with synthetic oil, is still in operation without any problems after more than 10 000 operating hours

lubrication of roller bearings through encapsulation as well as reliable oil and grease supply systems. The use of special lubricants instead of standard lubricants also increases the service life of the components. Considerably greater importance is being attached to checking, monitoring and recording these oil and grease supply systems (programmable control systems) so that functional processes can be clearly documented by, for example, continuous measurement of the vibration or temperature. Standard lubricants do not reduce costs in the long term – they actually increase them as the result of shorter replacement part purchasing cycles and increased repair costs.

6 Conclusions

Reducing costs and protecting and increasing production are the most important aims of cement plant operators. However, these aims can only be achieved nowadays by innovative thinking and creative implementation of the solutions once they have been found and proved. Farsighted thinking and dealing does not look just at the immediate costs of lubricants but at the entire service life of an engineering component. If, through optimum initial lubrication and relubrication, the component achieves the calculated service life or falls within the range of this predicted service life then the given objectives are achieved. High-performance lubricants are the “medium of choice” for this purpose as they offer additional benefits. The reason for the additional expenditure or investment level for purchasing these lubricants, which confuses the issue at first sight, becomes clear when the advantages are calculated in detail. The high-performance lubricants are initially somewhat more expensive and therefore apparently unattractive, but the additional benefits can reduce the lubricant costs substantially – by up to 25 %, for example, for a large drive. Lower investment in spare parts, reduced personnel costs for servicing and maintenance and lower production stoppage costs also offer substantial potential for saving. In the long term it is possible to achieve, and even improve, the desired production figures.