

Reprint from / Sonderdruck aus: Issue No.: 5/2019, pp. 36–40

## **Replacement of the girth gears in two ball mills at the Czech cement plant Prachovice**

**Austausch der Zahnkränze für Kugelmühlen im  
tschechischen Zementwerk Prachovice**

▶ **T. Rothardt, C. Rüttling, SEW-Eurodrive, Bruchsal, Germany**



#### SUMMARY

Ball mills are the leading grinding technology used in the cement industry worldwide, such as in the Czech village of Prachovice, where Cemex operates an integrated cement plant with a capacity of 900 000 t/a. To ensure the future availability of the cement mills, Cemex opted to replace both girth gears, all four driving pinions and both girth gear covers. SEW-Eurodrive GmbH was chosen as the partner. The contribution reports on the implementation of the project. The focus is on topics such as the material selection, the dimensioning of the components up to the construction and commissioning. ◀

#### ZUSAMMENFASSUNG

Kugelmühlen sind die weltweit dominierende Mahltechnologie in der Zementindustrie. So auch im tschechischen Prachovice, wo die Firma Cemex ein integriertes Zementwerk mit einer Kapazität von 900 000 t/a betreibt. Um die Verfügbarkeit der Zementmühlen auch künftig sicherzustellen, entschied sich Cemex für den Austausch der beiden Zahnkränze, der insgesamt vier antreibenden Ritzel sowie der beiden Hauben des Zahnkranzes. Als Partner dafür wurde die SEW-Eurodrive GmbH gewählt. In dem Beitrag wird über die Durchführung des Projekts berichtet. Im Fokus stehen Themen wie die Werkstoffauswahl, die Dimensionierung der Komponenten bis hin zur Errichtung und Inbetriebnahme. ◀

# Replacement of the girth gears in two ball mills at the Czech cement plant Prachovice

## Austausch der Zahnkränze für Kugelmühlen im tschechischen Zementwerk Prachovice

### 1 Introduction

Cemex operates the second largest cement plant in the Czech Republic in Prachovice, about 100 km east of Prague. Up to 5000 t/d of clinker are ground into ready-to-use Portland cement there using two identical ball mills 15 m in length. Each of these ball mills is moved by a girth gear. On each mill, two 2250 kW asynchronous motors transfer power via gear units to two pinions with separate bearings. The pinions engage with the girth gear and apply torque to it. A mounting flange and bolted fixings form the connection between the girth gear and the circumferential surface of the ball mill.

A diagnostic check of the mill drives in spring 2017 revealed that both girth gears and all four pinions were already showing significant signs of wear. Continuing to run a system with weakened gearing that exhibits an advancing damage pattern can lead to a failure of the drive and thus the entire system. This quickly results in long downtimes, which in turn leads to bottlenecks in delivery and costly production losses.

To ensure the future availability of the cement mills, Cemex opted to replace both girth gears, all four driving pinions and both girth gear covers. Due to their low level of wear, the gear units were classified as not critical and therefore not replaced.

From the very start of the project, SEW-Eurodrive assisted the cement manufacturer with any unresolved issues. Questions of material selection, design/dimensioning, project planning, lubrication all the way through to construction and commissioning were discussed as a team. The German drive specialist boasts many years of experience using girth gears in a wide variety of industries. Moreover, the SEW-Eurodrive portfolio covers the entire spectrum of drive technology – from the motor and gear units to drive electronics and controllers. The comprehensive support provided throughout the entire design phase ultimately prompted the Cemex

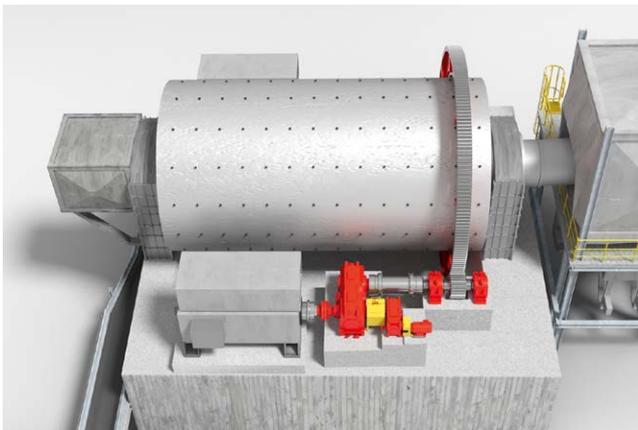


Figure 1: Principle of a ball mill drive

Bild 1: Prinzipschema eines Kugelmühlen-Antriebs

### 1 Einleitung

Cemex betreibt in der Tschechischen Republik in Prachovice, etwa 100 km östlich von Prag, das zweitgrößte Zementwerk des Landes. Hier werden auf zwei identischen, 15 m langen Kugelmühlen bis zu 5000 t/d Klinker zu fertigem Portlandzement gemahlen. Jede Kugelmühle wird von einem Zahnkranz in Bewegung gesetzt. Pro Mühle übertragen jeweils zwei 2250-kW-Asynchronmotoren die Leistung über Getriebe auf zwei separat gelagerte Ritzel. Die Ritzel sind mit dem Zahnkranz im Eingriff und beaufschlagen diesen mit dem Drehmoment. Die Verbindung zwischen Zahnkranz und Mantelfläche der Kugelmühle erfolgt mittels Montageflansch und Schraubverbindungen.

Bei einer Inspektion der Mühlenantriebe im Frühjahr 2017 zeigten die beiden Zahnkränze wie auch die vier Ritzel bereits erhebliche Verschleißerscheinungen. Geschwächte Verzahnungen, bei denen ein fortschreitendes Schadensbild zu beobachten ist, können im weiteren Betrieb zu einem Ausfall des Antriebs und somit der gesamten Anlage führen. Rasch ergeben sich so lange Stillstandzeiten, was wiederum zu Lieferengpässen und hohen Produktionsausfallkosten führt.

Um die Verfügbarkeit der Zementmühlen auch künftig sicherzustellen, entschied sich Cemex für den Austausch der beiden Zahnkränze, der insgesamt vier antreibenden Ritzel sowie der zwei Hauben des Zahnkranzes. Die Getriebe wurden, ausgehend von dem noch sehr geringen Verschleißgrad, als unkritisch eingestuft und daher nicht ausgewechselt.

Von Anfang an stand SEW-Eurodrive bei den damals offenen Themen dem Zementproduzenten zur Seite. Fragen zur Werkstoffauswahl, Design/Dimensionierung, Projektierung, Schmierung bis hin zur Errichtung und Inbetriebnahme wurden gemeinsam erörtert. Der Antriebspezialist aus Deutschland hat langjährige Erfahrungen mit dem Einsatz von Zahnkränzen in unterschiedlichsten Industrien. Zudem deckt SEW-Eurodrive vom Motor über die Getriebe bis hin zur Antriebselektronik und Steuerung die gesamte Bandbreite der Antriebstechnik mit seinem eigenen Portfolio ab. Die umfassende Unterstützung während der gesamten Konzeptionsphase veranlasste schließlich die Cemex-Instandhaltungsleitung, den weiteren Weg bei diesem Projekt mit SEW-Eurodrive zu gehen.

### 2 Moderne Werkstofftechnologie

Bei den Zahnkränzen verwendet SEW-Eurodrive ausschließlich hochfestes, bainitisches Gusseisen mit Kugelgraphit (Austempered Ductile Iron – ADI). Die Eigenschaften dieses Werkstoffs sind denen klassischer Zahnkranzwerkstoffe wie Stahlguss überlegen – so hat der von SEW eingesetzte ADI-Guss eine Mindestzugfestigkeit von 1000 MPa und eine Mindestdehnung von 5 %. Um die geforderten mechanischen Eigenschaften zu erreichen, ist eine Wär-

maintenance management team to continue working with SEW-Eurodrive in the later stages of the project.

## 2 State-of-the-art material technology

When manufacturing girth gears, SEW exclusively uses high-strength austempered ductile iron (ADI). The properties of this material are superior to those of traditional girth gear materials, such as cast steel. For instance, the ADI used by SEW has a minimum tensile strength of 1000 MPa and a minimum elongation of 5 %. Heat treatment is required to achieve the necessary mechanical properties. This treatment encourages the desired microstructure to form and ensures the material exhibits high permissible strength values. The material's contact fatigue strength, which comes as a result of its excellent cold work hardening properties, makes the girth gears very durable and practically wear-free, if dimensioned, loaded and lubricated correctly. Moreover, the girth gear can be designed to be significantly more compact and lighter when using ADI instead of the traditional solution.

## 3 Segmented design

Another feature of the SEW girth gear is its segmented design. Traditional girth gears generally consist of two to four segments that are machined when assembled. In the solution from SEW-Eurodrive, the girth gear is designed in several segments. Depending on the total diameter of the girth gear, each of the segments has a very compact design, ranging from one to two meters. The high initial pitch accuracy of this segmented design (ISO 8 and AGMA 9) results in optimum operating performance. Each segment of the girth gear is individually cast, machined, subjected to heat treatment and finished. This ensures that the quality of the girth gear is always identical, regardless of the diameter – be it 4 m or 16 m.

This segmented design also offers additional benefits with regard to handling and replaceability. The individual segments and component groups are much easier to handle on site. For instance, installers can either pre-assemble two girth gear halves from the segments and then install the two halves in the application using conventional methods, or install each segment separately on the drum. The option of installing the individual segments separately is particularly beneficial when space is restricted. Moreover, special transportation arrangements are no longer required. Segmented girth gears can be transported in standard containers. And if, at any point, the gearing of the girth gear is damaged, individual segments can be replaced without having to dismantle the entire ring.

## 4 Shared success on site

Work on the first ball mill began in spring 2018. This was preceded by detailed project planning and the selection of drive components, which involved not only the headquarters in Bruchsal but also SEW's Czech subsidiary and the girth gear delivery plant in Tianjin, China. SEW's network of experts is able to draw on its experience with projects completed worldwide. To determine the dimensions of the gearing geometry, a finite element simulation was also carried out in addition to the tooth root and tooth flank calculations to ISO 6336. The local Czech service provider MZP – Montáže Přerov a. s. from Přerov was tasked with the installation work. The installation was supervised and test runs conducted in collaboration with the experts from SEW-Eurodrive.

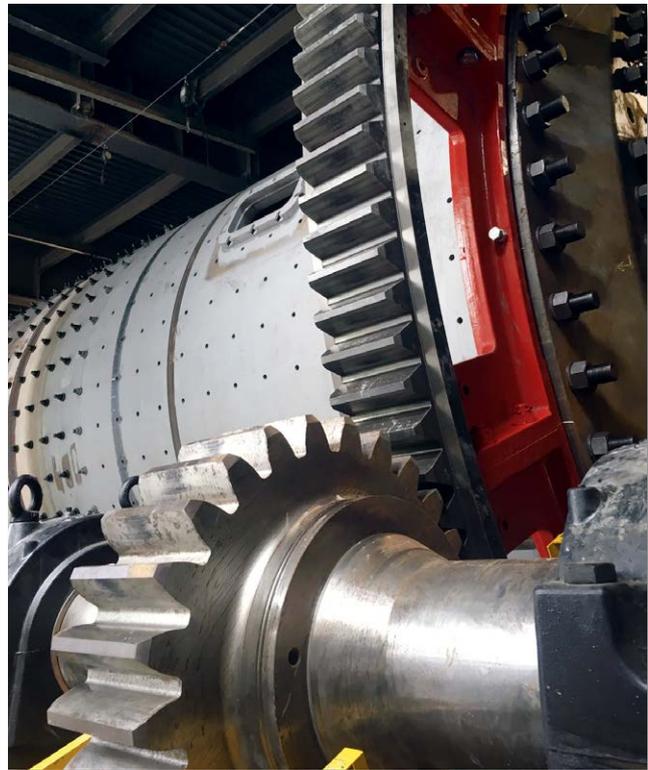


Figure 2: Driving pinion and girth gear (Photo: Cemex)

Bild 2: Antreibendes Ritzel und Zahnkranz (Foto: Cemex)

mebehandlung erforderlich. Sie führt dazu, dass sich die gewünschte Mikrostruktur einstellt und der Werkstoff hohe zulässige Festigkeitswerte aufweist. Die aus den guten Kaltverfestigungseigenschaften des Werkstoffes resultierende Kontakttermüdungsfestigkeit machen die Zahnkränze bei richtiger Dimensionierung, Belastung und Schmierung sehr widerstandsfähig und praktisch verschleißfrei. Zudem kann durch den Einsatz von ADI-Guss der Zahnkranz deutlich kompakter und leichter ausgeführt werden als bei der klassischen Lösung.

## 3 Segmentierte Bauart

Ein weiteres Merkmal des SEW-Zahnkranzes ist seine Mehrteiligkeit. Herkömmliche Zahnkränze bestehen in der Regel aus zwei bis vier Segmenten, die zusammenmontiert bearbeitet werden. Bei der Lösung von SEW-Eurodrive ist der Zahnkranz mehrteilig ausgeführt. Jedes der Segmente ist, abhängig vom Gesamtdurchmesser des Zahnkranzes, mit Abmessungen von ein bis zwei Metern sehr kompakt gestaltet. Die hohe Ausgangsteilungsgenauigkeit der geteilten Konstruktion nach den Normen ISO 8 bzw. AGMA 9 führen zu einem optimalen Laufverhalten. Abguss, Bearbeitung, Wärmebehandlung und die Feinbearbeitung finden für jedes Zahnkranzsegment einzeln statt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Qualität des Zahnkranzes unabhängig von Durchmesser immer identisch ist – egal, ob es sich um 4 m oder um 16 m handelt.

Die segmentierte Bauart bietet zudem weitere Vorteile in Bezug auf Handling und Austauschbarkeit. Die Handhabung der einzelnen Segmente oder Bauteilgruppen vereinfacht sich am Einsatzort erheblich. So ist es möglich, die Segmente in zwei Zahnkranzhälften vorzumontieren und in herkömmlicher Montage an der Applikation zu befestigen oder einzeln, Segment für Segment an der Trommel zu montieren. Die Montage der Einzelsegmente ist besonders bei beengten



Figure 3: Because the segments can be pre-assembled in two halves, handling on site is considerably simplified (Photo: Cemex)

Bild 3: Weil die Segmente in zwei Zahnkranzhälften vormontiert werden können, vereinfacht sich die Handhabung am Einsatzort erheblich (Foto: Cemex)

Both mills are currently running without any problems and are safeguarding production at the Cemex plant in Prachovice for the future.

## 5 New technology produces measurable improvements

At around 687 to 785 MPa, the tensile strength of the cast steel previously used for the girth gears and pinions is significantly lower than that of ADI. The improved material properties become apparent, for example, when comparing the old and new girth gear. The width of the girth gear was reduced from 900 to 300 mm. In addition, the number of teeth was lowered from 238 to 180, and the module was increased to 40. All in all, this meant that much less material had to be used, which drives down both investment costs and maintenance and lubrication costs.

Once the girth gear had been commissioned and radial and axial adjustments had been carried out, a series of tests was performed on the drive train, including vibration measurement. The bearing points exhibited a significant reduction in vibrations throughout the entire system. The high pitch accuracy of the segmented girth gears and the professional alignment work carried out by Montáže Přerov and SEW-Eurodrive help ensure that the girth gear and its peripherals are exposed to a lower mechanical load. The thermal assessment that was also conducted found no excessive heating and confirmed the high accuracy of the overall design and its alignment.

Platzverhältnissen vorteilhaft. Darüber hinaus sind keine speziellen Transportarrangements mehr notwendig. Mehrteilige Zahnkränze lassen sich in normalen Containern transportieren. Sollte es einmal zu einem Schaden an der Verzahnung des Zahnkranzes kommen, können einzelne Segmente getauscht werden ohne den ganzen Ring zu demontieren.



Figure 4: New girth gear made from ADI is only 300 mm wide (Photo: Cemex)

Bild 4: Der neue Zahnkranz aus ADI-Guss ist lediglich 300 mm breit (Foto: Cemex)



Figure 5: SEW girth gear with protective cover (Photo: Cemex)  
 Bild 5: Der fertig installierte Zahnkranz mit der Schutzhaube (Foto: Cemex)

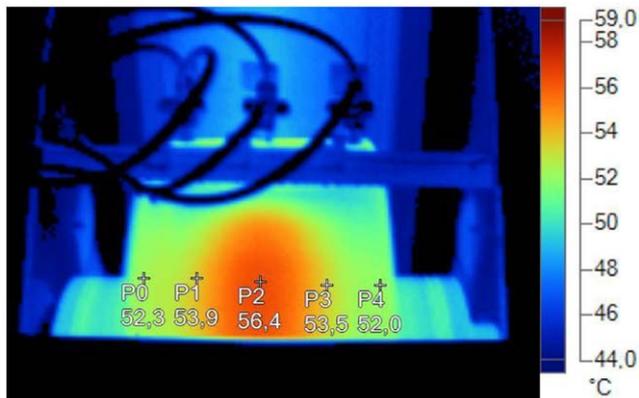


Figure 6: No unacceptable heating was found during the thermal examination of the drive pinion. This confirms the high accuracy of the overall construction and its alignment (Photo: Cemex.)  
 Bild 6: Bei der thermischen Untersuchung der Antriebsritzel wurde keine unzulässige Erwärmung festgestellt. Das bestätigt die hohe Genauigkeit der Gesamtkonstruktion sowie deren Ausrichtung (Bild: Cemex)

## 6 Final remarks

By opting for segmented girth gears from SEW-Eurodrive, Cemex has chosen a technology that is both cost-effective and durable in equal measure. The technical expertise of Montáže Přeřov and SEW's international network of experts ensured that engineering work was spot on and that on-site installation and commissioning work was carried out to the highest professional standards. That is why Cemex has decided to equip another ball mill with a girth gear from SEW-Eurodrive. ◀

## 4 Gemeinsam erfolgreich

Die Arbeiten an der ersten Kugelmühle begannen im Frühjahr 2018. Dem vorausgegangen war eine detaillierte Projektierung und Auswahl der Antriebskomponenten, an der neben dem Stammhaus in Bruchsal auch die tschechische Landesgesellschaft SEW-Eurodrive CZ s.r.o. sowie das SEW-Lieferwerk für Zahnkränze in Tianjin, China beteiligt waren. Das SEW-Expertennetzwerk kann auf zahlreiche Erfahrungen mit realisierten Projekten weltweit zurückgreifen. Für die Dimensionierung der Verzahnungsgeometrie wurde neben der Zahnfuß- und Zahnflankenberechnung nach ISO 6336 auch eine Finite-Elemente-Simulation durchgeführt. Mit den Montagearbeiten wurde der lokale Dienstleister MZP Montáže Přeřov a.s. aus dem mährischen Přeřov, etwa 80 km nordöstlich von Brno, beauftragt. Die Montageaufsicht sowie die die Testläufe erfolgten gemeinsam mit den Experten von SEW-Eurodrive. Heute laufen beide Mühlen störungsfrei und sorgen dafür, dass die Produktion am Cemex-Standort in Prachovice auch künftig sichergestellt ist.

## 5 Messbare Verbesserungen

Die Zugfestigkeit des bisher für die Zahnkränze und Ritzel verwendeten Stahlgusses liegt mit ca. 687 bis 785 MPa deutlich unter der des ADI-Gusses. Die verbesserten Materialeigenschaften zeigen sich u.a. bei der Gegenüberstellung von altem und neuem Zahnkranz. Die Breite des Zahnkranzes konnte von 900 auf 300 mm reduziert werden. Zudem wurde die Zahl der Zähne von zuvor 238 auf 180 gesenkt und das Modul auf 40 erhöht. Hieraus ergibt sich in Summe ein deutlich geringerer Materialeinsatz, der sich neben geringeren Investitionskosten auch in niedrigeren Kosten für Instandhaltung und Schmierung niederschlägt.

Nach der Inbetriebnahme sowie dem radialen und axialen Einstellen des Zahnkranzes erfolgte u. a. eine Vibrationsmessung am Antriebsstrang. Die Lagerstellen zeigten einen signifikanten Rückgang der Schwingungen im gesamten System. Die hohe Teilungsgenauigkeit der segmentierten Zahnkränze und die fachmännische Ausrichtung von Montáže Přeřov und SEW-Eurodrive tragen so dazu bei, dass der Zahnkranz und dessen Peripherie einer geringeren mechanischen Belastung ausgesetzt sind. Die darüber hinaus durchgeführte thermische Begutachtung, bei der keine unzulässige Erwärmung gefunden wurde, bestätigte zudem die hohe Genauigkeit der Gesamtkonstruktion sowie deren Ausrichtung.

## 6 Schlussbetrachtung

Mit den geteilten Zahnkränzen von SEW-Eurodrive hat sich Cemex für eine gleichermaßen wirtschaftliche wie langlebige Technologie entschieden. Die fachliche Expertise von Montáže Přeřov und des internationalen Expertennetzwerks von SEW gewährleistete dabei das passende Engineering sowie die fachmännische Installation und Inbetriebnahme vor Ort. Vor diesem Hintergrund entschied sich Cemex, auch eine weitere Kugelmühle mit einem Zahnkranz von SEW-Eurodrive auszustatten. ◀

