

PRESS RELEASE

Contacts:

Local contact, Dr. Mario Dilefeld, +49 341 2423-695, mario.dilefeld@tenova.com

Effiziente TAKRAF Gurtfördertechnik in einer der größten Kupferzminen der Welt

von: Dr.-Ing. Mario Dilefeld, Head of Belt Conveyor Systems, TAKRAF GmbH

Im Jahre 2019 wurde die Erzgewinnung in einer der größten Kupfererzminen der Welt in Chuquicamata vom Tagebaubetrieb auf Untertageförderung umgestellt.

Die Mine Chuquicamata befindet sich im Norden Chiles und ist seit 1915 im Betrieb. Besitzer ist Codelco, der staatliche chilenische Bergbaukonzern. Codelco ist der größte Kupferproduzent und der zweitgrößte Molybdänproduzent der Welt.

Durch den Abbau im Tagebaubetrieb in den letzten 100 Jahren entstand eine Mine von 1000 m Tiefe, 5000 m Länge und 3000 m Breite. Nach der Gewinnung des Gesteins durch Bohren und Sprengen wurden Erz und Abraum mit Trucks zur Aufbereitung oder Verkipfung zur Oberfläche transportiert.

Der Abbau tiefer liegender Erzkörper ist mit diesem Gewinnungs- und Transportverfahren jedoch nicht mehr wirtschaftlich sinnvoll darstellbar. Zudem führen größere Fahrwege der Trucks verbunden mit einer erhöhten Fahrzeuganzahl zu erhöhtem Aufwand für Fahrzeugwartung sowie für Treibstoff und nicht zuletzt zu einer größeren Umweltbelastung.

TAKRAF erhielt 2015 den Auftrag, die Ausrüstung für den Transport des untertägig gewonnenen Materials zum übertägigen Aufbereitungsort zu liefern. Es gibt entlang des Förderweges keine Redundanzen, so dass einer hohen Anlagenverfügbarkeit, einem minimalen Anlagenverschleiß und einer einfachen Wartung der Komponenten eine besondere Bedeutung zukommt.

Im Wesentlichen bestand die Aufgabenstellung aus:

- Abzug des gebrochenen Minerals aus 60 m hohen untertägigen Silos mit 11.000 t/h Förderkapazität
- Transport zur Oberfläche mit minimaler Anzahl von Materialübergabestellen
- Erzförderung vom Tunnelausgang zur bestehenden Aufbereitungsanlage unter Berücksichtigung der bestehenden Infrastruktur (Bahnlinien, Minenstraßen, Rohrleitungen etc.)

unter der Maßgabe hoher Anlagenverfügbarkeit, minimalem Anlagenverschleiß und einfacher Wartung der Komponenten.

Siloabzug

Das von TAKRAF gelieferte Fördersystem beginnt mit dem untertägigen Siloabzug. Zwei Materialspeicher in Form vertikaler zylindrischer Öffnungen mit einem Durchmesser von 6 m und einer Höhe von 60 m entkoppeln die Materialströme aus der Gewinnung vom Transport zur Erzverarbeitung.

Zum kontrollierten Materialabzug war der Einsatz von klassischen Belt-Feedern geplant. Vom Abzugsbereich wird bei diesem Förderverfahren das Material entlang der 30 m langen Förderstrecke zum Gutübergabepunkt auf einem annähernd flachen Gurt entlang stehender Schurrenseitenwände bewegt.

Systemoptimierungen nach Auftragsvergabe führten zu einem Wechsel des Fördersystems. Beim Feeder-Conveyor ist der Fördergurt entlang der gesamten Förderstrecke 45 Grad gemuldet. Schurren gibt es nur im Siloabzugsbereich. Wie beim Belt-Feeder wird die Fördergutkontur auf dem Gurt durch eine Scherkante vorgegeben und der Abzugsgutstrom durch die Variation der Fördergeschwindigkeit definiert.



Bild 1: Feeder-Conveyor beim Materialabzug

Der Wegfall der stehenden Seitenwände entlang des Förderweges führt zu einem geringeren Verschleiß und somit zu reduziertem Wartungsaufwand verbunden mit Energieeinsparungen in der Größenordnung von 25%.

Materialtransport zur Oberfläche

Zwei konventionelle Muldengurtförderer verbinden den Materialabwurf der Feeder-Conveyor mit dem etwa 900 m entfernten Aufgabepunkt der Schrägförderer. Installiert in einem etwa 6.400 m langen Tunnel überwinden die Schrägförderer eine Höhendifferenz von 950 m. Jede untertägige Übergabestelle entlang des Tunnels bedarf einer Kaverne mit Krantechnik für Wartungsaufgaben, mit Energiezuführung, Transformatoren sowie elektrischer und mechanischer Antriebstechnik, mit angepasster Bewetterung und geeigneten Zufahrtswegen.



Bild 2: Untertage-Übergabestelle während der Bauphase

Mit dem Ziel, die Anzahl der Übergabestellen auf ein Minimum zu reduzieren, konnte der Schrägförderabschnitt aus zwei Förderern gebildet werden. Voraussetzung war die Verwendung neu entwickelter Komponenten, die die Leistungsgrenzen der Gurtfördertechnik neu definieren.

Erstmalig kamen Fördergurte der Qualität St 10.000 zum Einsatz. Betriebs-Gurtsicherheiten von $S = 5,0$ erforderten Gurtverbindungen mit Referenz-Zeitfestigkeiten von über 50%, die am Gurtumlaufprüfstand an der Universität Hannover nachgewiesen wurden.

Mit 10.000 kW installierter Antriebsleistung je Antriebstrommel und 20.000 kW je Förderer wurden auch hier neue Dimensionen erreicht.

In Zusammenarbeit mit einem führenden Motorenhersteller ABB entwickelten die TAKRAF-Ingenieure einen Antriebsstrang bestehend aus:

- 5,000 kW Synchronmotor
- Membrankupplung zur Verbindung von Trommel- und Rotorwelle
- Antriebstrommel

mit den Vorgaben:

- Einfache Ausrichtbarkeit und Motorluftspalteinstellung bei Antriebsinstallation
- Einfache Nachjustierung bei Motorluftspaltabweichungen vom Sollwert (z. B. nach Setzungen)
- Montage von kompletten, werkserprobten Motoren vor Ort (Keine Motordemontage in staubiger Umgebung)

- Einfache Trennung der Verbindung zwischen Trommel und Motor im Havariefall (für kurzfristigen Anlagenweiterbetrieb mit reduzierter Motoranzahl)

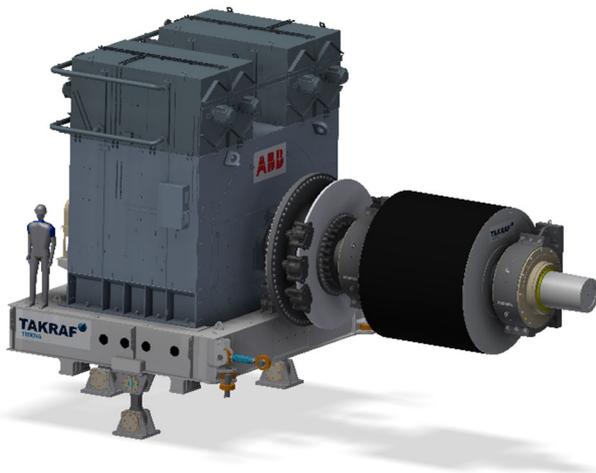


Bild 3: 5 MW Antriebsstrang



Bild 4: 5 MW Antrieb nach der Montage

Ein entscheidendes Maß für den Betrieb der Motoren ist die Einhaltung des Luftspaltes zwischen Rotor und Stator. Der Luftspalt, der beim verwendeten Motor 14 mm beträgt, darf nur in geringen Toleranzen vom Sollwert abweichen. Luftspaltabweichungen reduzieren den Motorwirkungsgrad. Ein Berühren von Rotor und Stator würde zu Schäden im Motor führen.

Der Luftspalt selbst wird im Betrieb permanent überwacht. Sollten Verformungen und/oder Setzungen im Stahlbau bzw. an den Motorfundamenten zu einer Abweichung des Luftspaltsollwertes führen, so ist der Stator neu auszurichten.

Um diesen Prozess zu vereinfachen, wurde der Abstand zwischen Rotor und Stator am nicht angetriebenen Motorende durch ein Stützlager fest eingestellt.

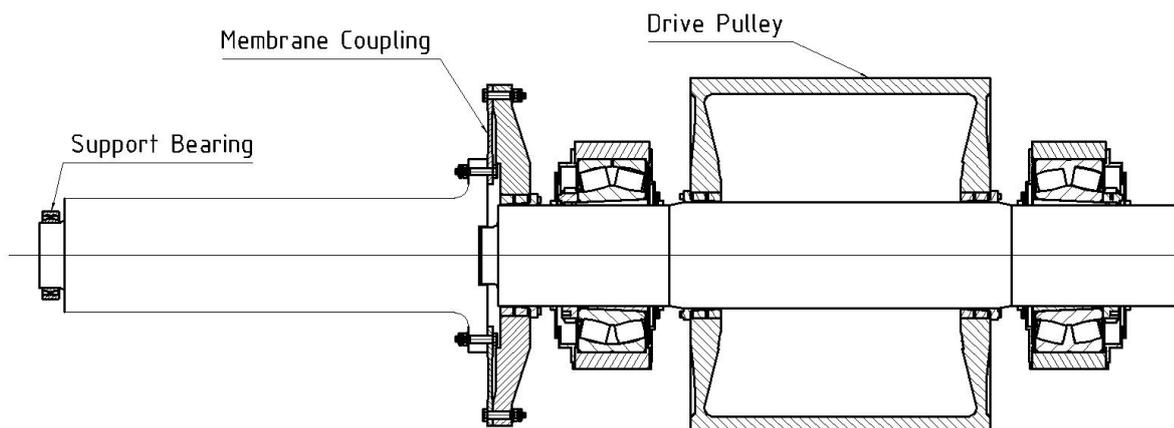


Bild 5: Mechanische Komponenten des Antriebsstranges

Eine Membrankupplung kompensiert die gurtzugsbedingten Verformungen der Trommelwelle. Der einstellbare Motorrahmen lässt eine einfache Motorausrichtung bei der Installation zu und sichert eine unkomplizierte Nach-Ausrichtung im Bedarfsfall.



Bild 6: Motorausrichtung bei der Montage

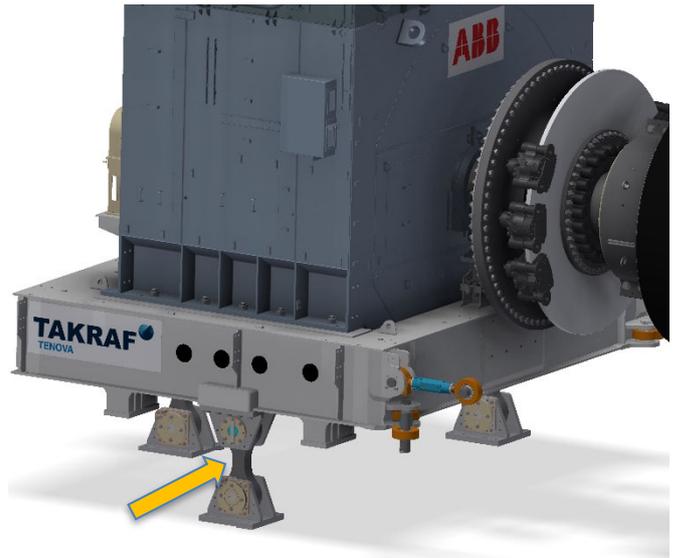


Bild 7: Einstellung des Motors über Excenter und Spindeln

Exzenter und Spindeln ermöglichen die Justierung des Stators in allen Richtungen. Sollte ein Motor ausfallen, so kann er durch Öffnen der Membrankupplung und Verstellen der Spindeln kurzfristig in eine Außerbetriebsstellung gebracht werden und die Anlage mit verringerter Leistung weiter betrieben werden.

Vom Tunnelausgang zur Einbindung in die vorhandene Aufbereitungstechnik

Der Betrieb der Chuquicamata-Mine seit mehr als 100 Jahren zeichnet das Gebiet um die Aufbereitungsanlagen. Neben den Anlagen der Aufbereitungstechnik prägen Abraumhalden, Bahngleise, Straßen, Rohrleitungen und Gebäude die Landschaft.



Bild 8: Overland Conveyor OLC-01 mit Aufgabestelle im Antriebshaus des Schrägförderers C02 (blaues Gebäude)

Die Herausforderung für das neue Fördersystem bestand darin, die Fördertechnik zwischen Tunnelende (blaues Gebäude auf dem Bild) und der Aufbereitungsanlage diesem Gelände anzupassen.



Bild 9: Overland Conveyor OLC-01 mit vorhandener Infrastruktur

Mit den Parametern:

- 5.330 m Abstand zwischen Gutaufgabe und Gutabwurf bei 287 m Höhenunterschied
- Horizontalkurven mit engen Radien (1.600 m ... 2.300 m) auf mehr als 60% der Förderlänge
- Etwa 50% der Förderlänge auf Brücken mit variablen Längen angepasst an die lokalen Gegebenheiten, Fundamente zu platzieren bei Stützenabständen bis zu 96 m

entstand ein durchgehender Förderer. Die Themen, hohe Anlagenverfügbarkeit, minimaler Anlagenverschleiß und einfache Wartung der Komponenten prägen auch hier das Förderdesign.

Zur Reduzierung von Fördergurtverschleiß optimierte man alle Gutaufgabestellen entlang der Förderstrecke. Die Anordnung der Rockboxen und der Grizzlyfinger wurde mit Simulationen nach der Diskreten Elemente Methode überprüft.

Neu gestaltete Übergabeschurren gestatten einen einfachen und schnellen Austausch von Schleißplatten. Zum Wechsel von Tragrollen verfährt ein Wartungsfahrzeug entlang der Förderweges, mit dem der Fördergurt angehoben und verschlissene Tragrollen gewechselt werden können.



Bild 10: TAKRAF Servicefahrzeug



Bild 11: TAKRAF Servicefahrzeug zum Ausheben des Gurtes und zum Tragrollenwechsel

Am Materialabwurfpunkt übernimmt ein Bunkergebäude eine begrenzte Materialspeicherfunktion. Zwei Feeder-Conveyor ziehen das Material ab und führen es den Aufbereitungsanlagen zu.



Bild 12: Bunkergebäude mit Gutabwurf des Overland Conveyor OLC-01

Drei 5.000 kW Direktantriebe treiben den Förderer an. Als Fördergurt kommt ein St 6.800 mit einer Gurtsicherheit von $S = 5.1$ zum Einsatz. Das Schwingungsverhalten des Gurtes beim Anfahren und Bremsen wurde für alle Betriebszustände durch dynamische Bandberechnungen analysiert.

Zusammenfassung

Die Tabelle zeigt die Parameter der eingesetzten Förderer:

Ausrüstung Nenndurchsatz 11.000 t/h		Trommel- abstand	Hub	Gurtbreite	Fördergeschwin- digkeit	Antriebs- leistung	Gurt
		[m]	[m]	[mm]	[m/s]	[kW]	Type
Umsetzbares Equipment für die erste Abbauebene	Feeder Conveyor N° 1 Nord	36	0	3.200	1,75	400	EP 1.600
	Feeder Conveyor N° 1 Süd	36	0	3.200	1,75	400	EP 1.600
	Level Conveyor 1	835	-36	1.800	7,0	800	St 2.250
	Transfer Conveyor	53	0	2.400	3,8	200	EP 800
Permanentes Equipment	Principal Conveyor C-01	3.303	495	1.800	7,0	20.000	St 10.000
	Principal Conveyor C-02	3.039	456	1.800	7,0	20.000	St 10.000
	Overland Conveyor OLC- 01	5.330	287	1.800	7,0	15.000	St 6.800
	Feeder Conveyor 01	28	0	3.200	1,75	400	EP 1.600
	Feeder Conveyor 02	28	0	3.200	1,75	400	EP 1.600

Anlagenparameter, wie St 10.000 Fördergurt und 20.000 kW Antriebsleistung je Förderer definieren die Grenzen der Gurtfördertechnik neu. Das Ziel, die Anzahl untertägiger Übergabestellen zu reduzieren, wurde damit erreicht und rechtfertigt den Einsatz dieser Komponenten.

Hohe Anlagenverfügbarkeit, minimaler Anlagenverschleiß und einfache Wartung der Komponenten waren entscheidendes Kriterium bei der Konstruktion der Anlage. Zahlreiche Neuerungen, aus denen sechs Patente entstanden, wurden erstmalig umgesetzt.

Es entstand eine moderne, leistungsfähige und umweltfreundliche Förderanlage. Hocheffiziente Elektromotoren ersetzen die Dieselmotoren für den Trucktransport beim übertägigen Abbau. Damit werden die aus dem Materialtransport entstehenden CO₂ Emissionen um mehr als 2/3 reduziert.