

Rollenmeißel-Fernüberwachung im Tunnelbau

Die Analyse per Wireless-Technologie hält nun auch Einzug in den Tunnelbau. Wie dies in der Praxis umgesetzt werden kann, zeigt der folgende Beitrag über das Rollenmeißel-Fernüberwachungssystem von Robbins.

Vor noch nicht allzu langer Zeit wurde im Tunnelbau die Möglichkeit, die Abnutzung von in Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) eingesetzten Rollenmeißeln ohne direkten Zugang zur Ortsbrust zu überwachen, von Experten als Zukunftsmusik betrachtet. Mit dem neuen, von Robbins entwickelten Fernüberwachungssystem für die Rollenmeißel von Hartgesteins-TVM ist diese Möglichkeit nun zum Greifen nahe. Mit dem neuen System, das kurz vor dem Abschluss seiner Erprobungsphase steht, kann der Maschinenführer sich Informationen zur Vibrationsstärke, Meißelgeschwindigkeit und -temperatur anzeigen lassen. Dank kabelloser Datenübertragungstechnik können diese Daten gegebenenfalls z.B. auch an die Bauleitung oben auf der Baustelle weitergeleitet werden.

Entwicklung und Funktionsweise des Überwachungssystems

Die Nachfrage und der Wunsch, die Lebensdauer von Rollenmeißeln zu verlängern, waren die Gründe, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Konzeption eines Schneidrollen-Fernüberwachungssystems

Desiree Willis, Technical Writer; **A. Shanahan**, Applications Engineer; **Z. Box**, Mining Engineer, The Robbins Company, Kent, WA/USA
www.TheRobbinsCompany.com

tems aufzunehmen. Dieses wurde dann erstmals 2009 im Rahmen des Niagara Tunnel Project an Rollenmeißeln mit einem Durchmesser von 20 Zoll (ca. 51 cm) getestet.

Die in der Branche bis dahin realisierten Ansätze zur Entwicklung eines Rollenmeißel-Überwachungssystems basierten auf Dehnungsmessern, die in den Schneidrollenachsen integriert wurden, um so die Ablenkung zu messen und die auf den Meißel einwirkende Kraft zu bestimmen. Daneben wurden die Rollenmeißel auch mit kabellosen Signalgebern bestückt, die nur dann mit Strom versorgt werden konnten, wenn gleichzeitig die Schneidrolle in Bewegung war. Wenn also beim Einsatz dieses Systems der Sensor keine Signale weiterleitete, so konnte rückgeschlossen werden, dass der Rollenmeißel sich nicht bewegte.

Mit dem Einsatz dieser Methoden standen so die meisten Daten über die Meißel erst dann zur Verfügung, nachdem die TVM ihren Bohrzyklus beendet hatte und das Bohrerwartungsteam den Bohrkopf an der Ortsbrust inspizieren

Remote Disc Cutter Monitoring in Tunnelling

The wireless TBM analysis goes underground now. How it is used on site and how the remote disc cutter monitoring of Robbins works is shown in this article.

Monitoring TBM cutter wear without accessing the cutting face was once something discussed as a future goal in tunneling. This advancement is now near reality with a new remote cutter monitoring system for hard rock TBMs, developed Robbins. The system, now in full-scale testing, allows the TBM operator to monitor vibration data, cutter rpm, and cutter temperature - all in a wireless format that can be transmitted above ground if necessary.

Developing the System

The demand and desire to increase the life of disc cutters in difficult ground were the main factors that drove engineers to begin research and development of the remote cutter monitoring system, first tested on 20-inch diameter cutters at the Niagara Tunnel Project in 2009.

Past attempts at a cutter monitoring system within the industry have involved strain gages placed inside the shafts of cutters, so that deflections can be measured and equated to a force acting on the cutter. Wireless transmitters have been installed on cutters, which could

only be powered while the cutter was turning. With this system, when no signal was detected from the device, it could be inferred that the cutter was not rotating.

Using these methods, most of the cutter information became available only after the machine had finished its boring stroke and the cutter inspection crew entered the cutterhead to check the cutters. Therefore, no immediate prevention of undesirable cutter conditions was possible while the machine was boring. When damaged cutters were found, the inspection crew could only speculate on when the damage occurred - not only in reference to the time it occurred, but also at what point in the cutterhead rotation the damage happened.

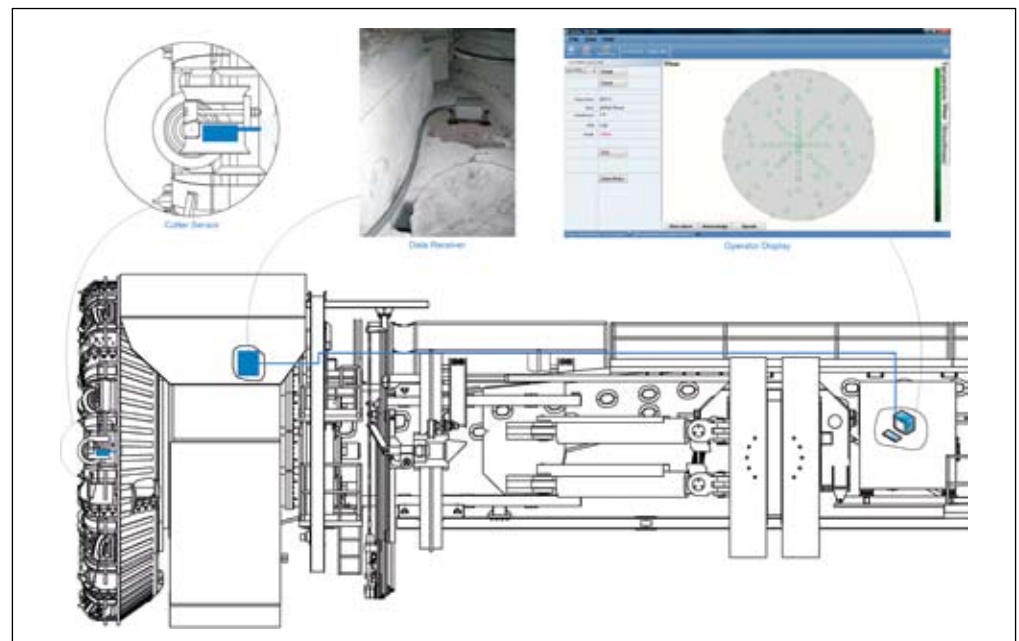
When designing the prototype system for the 14.4 m diameter TBM at the Niagara Tunnel Project, Robbins researchers knew they needed a system that could withstand difficult and fractured ground. They also knew it would not be feasible to run electrical wiring from the cutters to a data system. After several rounds of preliminary designs and development of prototypes, a wireless system

konnte. Somit war es während des Betriebs einer TVM nicht möglich, sofort einzuschreiten, wenn diese auf schwierige Gesteinsverhältnisse traf. Wenn das Wartungsteam dann vor einem beschädigten Meißel stand, konnte es nur mutmaßen, wann sich der Schaden ereignet hat, d.h. nicht nur in Bezug auf den Zeitpunkt des Schadenseintritts, sondern auch auf die Stellung, in der sich der rotierende Bohrkopf befand, als der Schaden auftrat.

Bei der Konzeption des Prototypsystems zur Überwachung der Meißel in der von Robbins beim Niagara Tunnel Project eingesetzten TVM mit einem Durchmesser von 14,4 m waren sich die Entwickler darüber im Klaren, dass eine Kabelleitung von den Meißeln zu einem Datenempfangsgerät eine nicht praktikable Lösung darstellen würde. Nachdem mehrere Vorabkonzepte erstellt und Prototypen erarbeitet wurden, lief schließlich alles auf die Entwicklung eines kabellosen Überwachungssystems hinaus. Die vor diesem Hintergrund ausgearbeitete Lösung umfasste Messgeräte, eine Stromquelle sowie einen kabellosen Signalgeber, die von einem geschützten Gehäuse umschlossen wurden, das in jedes Meißelgehäuse integriert werden konnte.

Welche Parameter werden gemessen?

Das System überwacht die für den Meißel und dessen direkte Umgebung wichtigsten Parameter. Es misst die Rohdaten der einzelnen Parameter und kann den Maschinenführer per Warnsignal informieren, wenn ein gemessener Wert überschritten wird.



The cutter monitoring system consists of cutter sensors that relay information to a display in the operator's cab

Informationen zur Rotationsgeschwindigkeit der Meißel geben Aufschluss darüber, wie leichtgängig diese arbeiten. Mit Drehzahlangaben können Rückschlüsse sowohl auf den Zustand der Schneidrolle wie auch auf die Beschaffenheit des Abbaugesteins gezogen werden. Eine gleichmäßige Geschwindigkeit des Rollenmeißels lässt darauf schließen, dass dessen Lager und Abdichtung intakt sind und dass die gerade abgetragene Gesteinsschicht kompakt ist und keine größeren Veränderungen aufweist. Dagegen deutet eine ungleichmäßige Geschwindigkeit dem Maschinenführer an, dass möglicherweise ungünstige Gesteinsschichten, etwa Blockgestein, abgetragen werden, die z.B. den Bohrkopf blockieren oder den Maschinenvorschub beeinträchtigen können.

Messungen der Meißeltemperatur helfen, ungewöhnliche Betriebsbedingungen zu erkennen. Ein blockierter Meißel, der nicht mehr rotiert, ist an einem

was developed. Packages consisted of measurement devices, a power source, and a wireless transmitter within a protective case that could be installed inside each cutter housing.

What it Measures

Each setup monitors key parameters for the cutter environment. The system measures the raw data for each parameter, and can alert the TBM operator if any values are exceeded with an alarm.

Rotational data, obtained from the cutter RPM, provides an indication of how smoothly the cutters are performing. Rotational data can be used to detect both the condition of the cutter and also the condition of the rock face. A constant cutter RPM indicates that the cutter bearings and seals are functioning properly, and also indicates that the rock being bored is competent and without major variations. A variable RPM provides a warning to the operator of possible undesirable situations, including a locked-up cutter, improper machine thrust, or blocky ground.

Measuring the temperature of a cutter can provide indications of anomalous operating conditions. If a cutter becomes blocked by fines and is not rotating, it will show a rapid increase in temperature. The effectiveness of water spray or chemical spray systems intended to cool the cutters can also be tested by measuring cutter temperature in real-time.

Vibration data, the third parameter, gives some idea of the load that a cutter is under. Changes in the amount of cutter vibration could indicate a change in the geology, a blocky face, or a possible problem with the cutter, among many other things. With proper filtering, detailed analysis of cutter vibration can reveal such conditions as an overloaded bearing, mounting system problems, or damaged disc rings.

The Setup while Boring

Engineers created a system utilizing an electronic sensor that mounts onto each cutter wedge bolt. Measurement devices on the current generation of sen-

schnellen Temperaturanstieg zu erkennen. Somit kann die Wirksamkeit von Sprühwasser- oder Sprühchemikalienanlagen zur Kühlung eines erhitzten Meißels ebenfalls mithilfe einer Echtzeittemperaturmessung verfolgt werden.

Mit Vibrationsmessungen, dem dritten Messparameter, können Aussagen zur Belastung getroffen werden, die auf den Meißel einwirkt. Die Intensität von Vibrationen am Meißel kann u.a. Aufschluss über eine Veränderung der geologischen Verhältnisse, den Übergang in eine Blockgesteinsschicht oder ein mögliches Problem mit dem Meißel geben. Über eine geeignete Datenfilterung und -aufbereitung kann eine Detailanalyse der an der Schneidrolle gemessenen Vibrationen Hinweise auf ein überstrapaziertes Lager, Probleme mit der Aufhängung oder beschädigte Schneidringe geben.

Einsatz des Systems im Bohrbetrieb

Das konzipierte System basiert auf einem elektronischen Sensor, der pro Schneidrolle montiert werden kann. Zu den derzeit in den Geräten installierten Sensoren zählen Beschleunigungs-, Drehzahl- sowie Temperaturmesser.

Ein Datenempfänger ist in einem geschützten Gehäuse eingebaut und in den Bohrkopf integriert. Das Empfangsgerät erkennt und verarbeitet die von den einzelnen Sensoren am Meißel ausgesandten Daten. Der Empfänger verfügt über einen Prozessor, der ebenfalls mit den Informationen der an den Meißeln angebrachten Sensoren programmiert wurde, und ist somit in der Lage, die Signale von den einzelnen



The cutter monitoring system detects anomalies such as a non-turning cutter, preventing problems such as failed cutter bearings (pictured)

Meißelsensoren zu erkennen und zu verarbeiten. Der Empfänger sendet entweder per Kabelleitung oder kabellos die eingegangenen Daten an den Computer/das Anzeigegerät des Maschinenführers.

Auf dem Arbeitsbildschirm kann der Maschinenführer die für ihn relevanten Betriebsparameter der Schneidrollen ablesen, die in unterschiedlichen Formaten dargestellt werden können. Über ein Balkendiagramm werden die Rohbetriebsparameter der einzelnen Meißel übersichtlich dargestellt. Auf der grafischen Darstellung des Bohrkopfes mit Anzeige der einzelnen Meißelpositionen werden die Meißel hervorgehoben, deren Betriebsparameter außerhalb eines vorgegebenen Sicherheitsintervalls liegen. Das Display verfügt über einen Touchscreen, über den der Maschinenführer per Fingerdruck Meißel mit abweichenden Betriebsparametern auswählen

sors include accelerometers, rotational sensors, and temperature sensors.

A data receiver is mounted in a protective housing and installed inside the cutterhead. The receiver detects and processes the transmissions emitted from each cutter sensor. The data receiver contains a processor that is programmed with the same information as the cutter sensors and so is able to detect and process the signal from each cutter sensor. The receiver then takes the received data and transmits it to the operator's display computer either over wire or wirelessly.

The operator's display allows the operator to identify the cutter operational parameters of interest and displays it in several formats. A chart with a column for each cutter displays the raw data for all cutters at once, while a graphical image of the cutterhead, with cutter locations noted, flags cutters operating outside a pre-established safety range.

A touch screen is used for the display, allowing the operator to touch the cutter that is flagging for an anomalous condition and read the data values causing the alarms directly.

Complete Wireless System

Using wireless operator's cab systems and routers for laptop access, cutter data can be combined with other types of TBM data and analyzed from anywhere on the TBM. The design offers an added benefit due to the system integration and Ethernet connection - all data can be transmitted to the surface via fiber optic cables for viewing. Ultimately, this means that, if necessary, expert engineering help could be patched in to assist with troubleshooting directly. These types of operator's cabs are becoming standard on all new Robbins machines, and are in use on multiple machines in Malaysia and China.

kann, um direkt weitere Daten zu Störungsmeldungen zu erhalten.

Kabelloses Gesamtsystem

Durch die Konzeption einer Führerkabine mit einem kabellosen Datensystem und Routern für einen Laptop-Zugang können die gesammelten Informationen zu den Meißeln mit den Daten anderer TVM zusammengeführt und überall auf der TVM analysiert werden. Diese Ausgestaltung als integriertes System und mit Ethernet-Konnektivität bietet einen zusätzlichen Vorteil: Sämtliche Daten können für weitere Analysezwecke per Glasfaserkabel an die Oberfläche übertragen werden. Letztendlich bedeutet dies, dass im Falle einer Störung gegebenenfalls Techniker direkt hinzugezogen werden können. Alle neuen Maschinen von Robbins werden zunehmend mit solchen Führerkabinen ausgestattet. Gegenwärtig werden sie bereits auf einer Vielzahl von Maschinen in Malaysia und China eingesetzt.

Für Ingenieure und das Betriebspersonal auf TVM bietet die Möglichkeit, Messgeräte in den Rollenmeißeln zu integrieren,

eine Vielzahl von Vorteilen. Für einen Maschinenführer besteht der Sinn und Zweck eines jeden Datenmesssystems letztendlich darin, in Echtzeit einen dem tatsächlichen Zustand entsprechenden Überblick über die Funktionsweise der eingesetzten Rollenmeißel zu erhalten, um zu verstehen, wie sich Änderungen der Arbeitsweise einer TVM auf die Meißel auswirken.

Erkennen von Problemen noch vor einem Ausfall

Es liegt auf der Hand, dass einer der größten Vorteile einer Überwachung der TVM-Meißel darin besteht, frühzeitig mögliche Betriebsprobleme zu erkennen. Sobald ungewöhnliche Betriebsparameter an einem Meißel gemessen werden, wird der Maschinenführer über die dort herrschenden Einsatzbedingungen informiert, sodass noch vor einem möglicherweise daraus resultierenden Ausfall entsprechende Maßnahmen ergriffen werden können. Derartige Ausfälle können in Form einer kompletten Blockierung oder eines sporadischen Aussetzens der Rotationsbewegungen des Bohrkopfes,

Benefits of Remote Cutter Monitoring in Detail

Engineers and TBM operators alike recognize many benefits to installing sensors on disc cutters. The ultimate goal of an instrumentation system is for the machine operator to obtain a true picture of how the cutters are operating in real-time, and to understand how changes in machine operation affect the cutters.

Identifying Problems before Failure

One of the clearest benefits of cutter monitoring is the early identification of potential pitfalls. If an anomalous condition is detected on a cutter, the operator is notified of the condition immediately so that proper action can be taken before the anomaly leads to a failure. Some of the anomalies that may arise include a non-turning or intermittently turning cutter, high vibration shocks, and high temperatures.

A non-rolling cutter can indicate a problem with the cutter bearings - a serious development that would need to be addressed immediately. A cutter turning only intermittently could not only be due to a bearing problem, but could also indicate that there are voids in the face of the rock where

the cutter is not contacting any rock. When a void is present, there are fewer cutters to take the machine thrust load. Therefore, if the machine is operating at the maximum specified thrust rating and voids are present, the cutters in contact with the face are exceeding their design load limits and bearing damage is possible.

High vibration shocks are another condition that may be indicative of mixed face or blocky conditions, as well as debris in the invert of the tunnel. A shock occurs that is registered by the sensors every time the cutter comes back into contact with rock blocks after travelling in a void.

High temperatures are an anomaly that may indicate a problem with a single cutter. If severe enough, the machine can be stopped and the cutter inspected before failure occurs. If all cutters show a temperature approximately equal and not elevated, then no problems are indicated.

Improving Cutter Life

TBMs are very solidly supported in the tunnel while boring, so it can be difficult to judge the efficacy of the rock fracturing process on machine reactions alone. Observations of the rock chips being formed can help indicate

Tunnelling and Foundation Engineering

Consulting ■ Design ■ Supervision



Heinrich-Heine-Str. 1
D-80686 Munich

tel. +49 89 578396-0
www.psp-tunnel.de

Experts for shield driven
and shotcrete tunnels

Specialists for segmental
lining for 40 years





Cutter monitoring allows contractors to keep track of cutter RPM, vibration, and temperature, allowing them to better plan cutter changes

größerer Schwingungen und Erschütterungen sowie hoher Temperaturen auftreten.

Ein sich nicht drehender Meißel kann auf ein Problem mit dem Meißellager hindeuten. Da ein solcher Ausfall mit weitreichenden Folgen verbunden wäre, müsste hier sofort gehandelt werden. Das zeitweise Aussetzen der Rotationsbewegung einer Schneidrolle lässt einerseits ein Lagerproblem als möglich erscheinen, andererseits könnte aber auch der Meißel auf Hohlräume in der Gesteinsschicht gestoßen sein, an denen es nicht zu einem

Kontakt zwischen dem Meißel und dem Erdreich gekommen ist. Im Falle eines Hohlraumes müssen weniger Schneidrollen die Vorschublast der TVM aufnehmen. Sollte also die TVM mit der maximal zulässigen Vorschubleistung arbeiten und auf Hohlräume stoßen, überschreiten die Meißel, die mit der Ortsbrust in Kontakt kommen, ihre maximale konstruktionsbedingte Belastungsgrenze, was zu einem Lagerschaden führen kann.

Große schwingungsbedingte Erschütterungen stellen einen weiteren Umstand dar,

how well the cutters are performing, but they do not provide the complete picture.

TBMs usually have enough power installed that the cutterhead will turn no matter how efficiently the rock chipping is performed - non-rotating cutters will not cause enough drag force on the cutterhead rotation to stop the cutterhead. By receiving real-time information about the cutting environment, the machine operator can be alerted to any anomalous situations and adjust both the cutterhead rpm and machine thrust accordingly, achieving the ideal operational setup.

Minimizing Cutter Inspections

Disc ring wear is the most common reason for replacing cutters. Maintenance crews spend a portion of each shift in the cutterhead or in front of the machine measuring the wear on each cutter. Cutter inspections are usually a daily occurrence while boring, with each cutter's disc wear measured and recorded. When real-time cutter rotational speed data is available, the diameter of the cutter's disc ring can be calculated - a great benefit in planning or reducing inspections. Fewer cutter inspec-

der auf eine Wechsellagerung oder Blockgesteinsschicht wie auch einen Murgang in der Tunnelsohle schließen lässt. Erschütterungen werden mit den Messgeräten aufgezeichnet und treten immer dann auf, wenn der Meißel nach Durchlaufen eines Hohlraumes wieder in Kontakt mit Gesteinsblöcken kommt.

Hohe Temperaturen sind immer ungewöhnlich und können auf ein Problem mit einem einzelnen Meißel hindeuten. Falls die Temperaturverhältnisse als zu hoch erachtet werden, kann die TVM zwecks Sichtprüfung der Schneidrolle angehalten werden, um so einen möglichen Ausfall zu vermeiden. Sofern alle Meißel eine mehr oder weniger einheitliche und nicht überhöhte Temperatur aufweisen, so kann von einem normalen Betrieb ausgegangen werden.

Verlängerung der Lebensdauer von Meißeln

Während des Bohrvorgangs werden TVM sehr zuverlässig und stabil abgestützt. Somit ist es schwierig, die Effizienz der Gesteinsaufbrechung alleine anhand der mechanischen Reaktionen der Maschine einzuschätzen. Zwar kann die ständige Beurteilung des abgetragenen und abtransportierten Gerölls hierbei Aufschluss über die Einsatzfähigkeit der in Betrieb befindlichen Meißel geben, einen vollständigen Überblick erhält man so jedoch nicht.

In der Regel verfügen TVM über ausreichend Betriebsleistung, sodass sichergestellt werden kann, dass sich der Bohrkopf unabhängig von der Effizienz der Gesteinsaufbrechung weiterdreht. Nicht

rotierende Meißel erzeugen nicht genug Zugkraft am Bohrkopf, um diesen zum Stillstand zu bringen. Mithilfe von Echtzeitdaten zur unmittelbaren Bohrumgebung kann der Maschinenführer auf ungewöhnliche Bedingungen aufmerksam gemacht werden und die Geschwindigkeit des Bohrkopfes und den Maschinenvortrieb entsprechend einstellen, um so für die idealen Betriebseinstellungen zu sorgen.

Verringerung des Wartungsaufwands für die Schneidrollen

Abgenutzte Schneidringe sind der häufigste Grund für den Austausch von Meißeln. Wartungsteams arbeiten in jeder Schicht im Bohrkopf oder an der Stirnseite der TVM und messen dabei den Abnutzungsgrad der einzelnen Meißel. In der Regel findet im Bohrbetrieb täglich eine Überprüfung der Meißel statt. In diesem Zuge wird der Abnutzungsgrad der einzelnen Schneidrollen gemessen und dokumentiert.

Bei Zugang zu Echtzeitdaten über die Rotationsgeschwindigkeit eines Meißels kann der Durchmesser des Meißelschneidringes errechnet werden – ein Vorteil bei der Planung bzw. Reduzierung von Wartungsarbeiten: weniger Wartungsarbeiten an den Meißeln bedeuten längere Bohrzeiten.

Vermeidung von Wipe-outs

Ein blockierter Meißel, der sich nicht mehr drehen kann, führt zu einer höheren Last, die von den umliegenden Meißeln aufgenommen werden muss. Dies kann im ungünstigsten Fall zu einem kaskadierenden



Cutter wipe outs caused when cutters become blocked can be monitored and prevented using real-time rotational data

tions means the machine has more available time to bore.

Preventing Wipe Outs

When one cutter gets blocked and stops rotating, it leads to

a higher load on adjacent cutters, with a possibility of a cascading failure (also known as a "wipe out") of all the cutters in the worst cases. Wipe outs are costly, both because of the da-



Durstmüller

Bergbau- und Drucklufttechnik

Der Spezialist für:

- Kopflampen
- Personenerfassung
- Gasmessung
- Luftstrommessung
- Evakuierung
- Arbeitsbekleidung

The Specialist for:

- Cap-Lamps
- Tagging Systems
- Gas Monitoring
- Airflow Monitoring
- Evacuation
- Working Clothing



Durstmüller GmbH
 Salzburger Str. 59
 4650 Lambach, Austria
 Tel: +43 7245 28250
 Fax: +43 7245 28250-50
 e-mail: office@dula.at
 web: www.dula.at




Ausfall („Wipe-out“) aller Meißel führen. Schäden infolge eines Wipe-out sind mit hohen Kosten verbunden, zum einen wegen des Schadens an den Meißelkomponenten und zum anderen aufgrund des Zeitaufwands zum Austausch aller ausgefallenen Schneidrollen. Ein schwerwiegender Wipe-out kann auch Schäden am Bohrkopf verursachen und u.U. umfassende Reparaturen an diesem nach sich ziehen. Mithilfe von Echtzeitdaten zur Drehgeschwindigkeit der Meißel kann ein Maschinenführer sofort einschreiten, wenn ein Meißel zum Stillstand kommt, um so einen kaskadierenden Schaden zu verhindern oder einzugrenzen.

Testphase in Malaysia und Kanada unter härtesten Bedingungen

Fünf Meißel wurden bei der ersten Testphase im Rahmen des Niagara Tunnel Projects in Kanada eingesetzt. Am Ende überzeugten 4 Geräte für das bohrkopfseitige Erfassen von Messdaten. Diese 4 Geräte sammelten über einen Zeitraum von 19 Stunden kontinuierlich Daten zur Meißelgeschwindigkeit, -temperatur und Schwingungsintensität. Diese Daten wurden dann analysiert, insbesondere die Daten zur Rotationsgeschwindigkeit, die in allen Meißelpositionen nachvollzogen werden konnten, und so konnte das Überwachungssystem entsprechend angepasst werden.

Derzeit wird der Feldversuch in der vorgesehenen Dimensionierung beim Pahang Selangor Raw Water Tunnel Project in Malaysia durchgeführt, wo mit 3 Main-Beam-TVM mit einem Durchmesser von 5,2

m von Robbins Granitgestein abgetragen wird. Im Frühjahr 2010 wurden mehrere Meißel mit Messgeräten ausgestattet. Auch zeigen die ersten Ergebnisse nachvollziehbare Drehzahlwerte bei den verschiedenen Meißelstellungen. Anhand der gewonnenen Ergebnisse sind die Ingenieure von Robbins zu der Erkenntnis gekommen, dass die Instrumentengehäuse geringfügig schmaler konzipiert werden müssen, um zu verhindern, dass sich Ausbruchsmaterial im Bereich des Schneidrollengehäuses ablagert. Die Ausgestaltung der Messgeräte und deren Gehäuse wurde optimiert und im Oktober 2011 in alle 3 TVM eingebaut.

Eine Entwicklung für die Zukunft

Meißelsensoren werden zukünftig zur technischen Standardausstattung beim Tunnelbau in Hartgesteinschichten, insbesondere bei längeren Bohrstrecken, zählen. Das Überwachungssystem kann auch nach Kundenspezifikationen mit nur bestimmten Sensoren ausgestattet und angepasst werden.

Der nächste Schritt in der Entwicklung dieses Überwachungssystems sollte nun darin bestehen, eine Korrelation zwischen den gefilterten Schwingungsdaten und dem physikalischen Phänomen herzustellen, das mit diesen Daten wiedergegeben wird, um dann diese Daten umfassend in den Betrieb der Maschine einzubinden. Diese Entwicklung wird Tunnelvortriebsmaschinen einen Schritt weiter in Richtung automatisierten Bergbau bringen.

Auch wenn die Technologie vielversprechend ist, so sind ihrer aktuellen Ausgestaltung



In this hypothetical illustration, an operator sees flagged cutters that are above a threshold limit indicating the presence of a fault zone

managed cutter components and because of the time needed to replace all of the failed cutters. Severe wipe outs can also cause damage to the cutterhead, and possibly require extensive cutterhead repairs. By utilizing real-time rotational data, an operator can take immediate action when a cutter stops rotating, thereby preventing or minimizing the cascading failure.

Rigorous Testing in Malaysia and Canada

Five cutters made up initial tests at Canada's Niagara Tunnel Project, with 4 devices ultimately providing a good spectrum of data measurement across the cutterhead. These 4 devices produced 19 hours of continuous data on cutter RPM, temperature, and vibration. Engineers analyzed the measurements, particularly, the rpm data, which remained consistent at all cutter positions, then adjusted the system accordingly.

Full-scale testing is now underway at Malaysia's Pahang Selangor Raw Water Tunnel, where three 5.2 m diameter Robbins Main Beam TBMs are excavating granite rock. Multiple cutters were fitted with sensors beginning in 2010, with initial results

again showing consistent RPM for the various cutter positions. Engineers determined from the results that the instrument housings would need to be slightly narrower to keep fine dust material from lodging in the channel area of each cutter housing. The designs have been refined and were being installed on all 3 machines as of October 2011.

Forward Progress

Ultimately, cutter sensors will become a standard for hard rock tunnels, particularly at longer distances. The systems could also be streamlined and customized with only some measured variables to fit a contractor's needs.

What remains for the instrumentation system is to develop corollaries between filtered data and the physical phenomena this data represents, then to fully integrate that data with the operation of the machines. These observed trends will advance tunnel boring machines one step closer to an automated method of excavation.

While the technology is promising, there are some limitations to the current setup - the system is now only available for 19-inch cutter diameters, which is the most commonly recom-

dennoch Grenzen gesetzt. So kann das System derzeit nur bei Meißeln mit einem Durchmesser von 19 Zoll (ca. 48 cm) und 18 Zoll (ca. 51 cm) eingesetzt werden. In naher Zukunft könnte es für die Meißeldimension 17 Zoll (ca. 43 cm) adaptiert werden und somit auch dort Anwendung finden. Das System eignet sich nicht für kleinere Meißelgrößen, wo die Sensorengruppe nicht in das Meißelgehäuse passt, oder für sehr kurze Tunnelausbaustrecken, wo eine übermäßige Abnutzung der Meißel kaum auftreten dürfte.

Schließlich spielen die Bodenverhältnisse auch noch eine entscheidende Rolle. Bei Weichgestein ist eine Über-

wachung der Meißel von größerer Bedeutung, da das Erdreich eine höhere Abriebwirkung aufweist und eher Wechsellagerungen zu erwarten sind. Das System könnte in der Zukunft auch Anwendung bei Rollenmeißeln mit Hartmetalleinlagen finden. Hierbei würde es jedoch in Weichgestein zu Problemen bei der Signalübertragung kommen. Da das System auf Funkwellen basiert, könnten die Signale sich in der verflüssigten Dickstoffmasse verlieren oder durch die Druckwand gestört werden. Ein Überwachungssystem, das in Weichgestein eingesetzt werden soll, müsste auf der Übertragung eines komplett anderen Signals basieren. 

mended cutter size for difficult rock conditions. However, the system could be adapted for 17-inch and 20-inch sizes in the near future. The system would not be practical for smaller cutter sizes, where the monitor box would not fit inside the cutter housing, or for very short tunnels, where significant cutter wear would not be expected.

In addition, geology plays an important role. Softer rock has a higher need for cutter monitoring, as the ground tends to be more abrasive and more prone to mixed conditions that can wear unevenly on cutters. The systems could eventually be adapted to carbide-insert roller cutters, but would face signal transmission problems in soft ground. Since

the system uses radio waves, the signal could be lost in the fluidized muck or interrupted by the pressure bulkhead. Any monitoring system for soft ground would need to utilize an entirely different type of signal. 

The Global Tunnelling Partner

Reaching
HIGHEST AVAILABILITY
of your conveyor systems



Conveyor system
at 1300m above sea level

- Belt fitting to the highest standard - worldwide!
 - Effective tunnel driving support
 - Belt retrieval after completion of tunnelling
 - Preparing your belt for redeployment
- ...and much more.**

germanBelt®

germanBelt Group

visit us at
STUVA CONFERENCE'11
germanBelt in Hall 20 - Stand A105
December 6-8