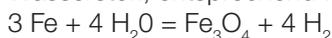


## Messung der inneren Oxidschichtdicke (Zunder) bei Kesselrohren



### Einführung

Die sehr hohen Temperaturen in Dampfkesseln (über 800°C) können zur Entstehung eines besonders harten und spröden Eisenoxids, Magnetit genannt, an der Innen- und Außenseite von Stahlkesselrohren beitragen. Bei sehr hohen Temperaturen reagiert der Wasserdampf mit dem im Stahl vorhandenen Eisen und erzeugt Magnetit und Wasserstoff, entsprechend folgender Formel:



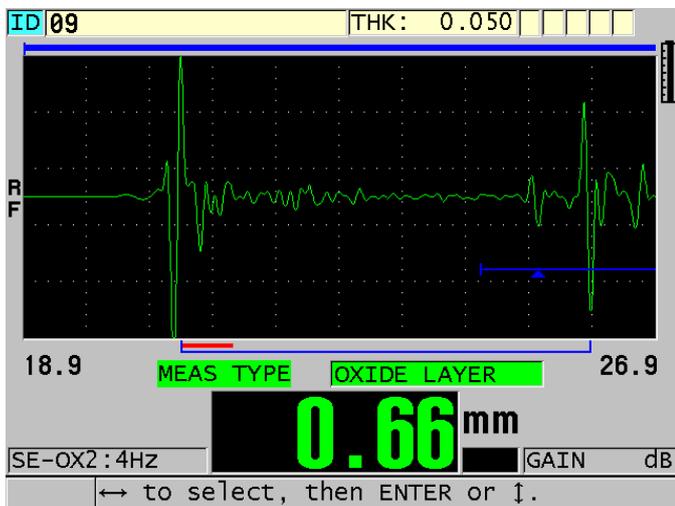
Die Geschwindigkeit dieser Reaktion erhöht sich mit der Temperatur. Dabei diffundieren Sauerstoffatome nach innen durch die Magnetitschicht und Eisenatome nach außen, so dass sich der Zunder weiter ausbreitet, selbst wenn die Rohroberfläche bereits völlig bedeckt ist.

Magnetitzunder wirkt wärmeisolierend, da seine Wärmeleitfähigkeit nur etwa 5 % der von Stahl beträgt. Kann die Hitze nicht mehr effizient von der Flamme durch das Rohr in den Dampf im Rohr geleitet werden, erhitzt sich die Rohrwand über die vorgesehene Betriebstemperatur hinaus. Langanhaltende Einwirkung von zu hoher Temperatur, zusammen mit dem sehr hohen Druck im Rohr, führt zu intergranularen Mikrorissen und zu Kriechverformung (langsames Schwellen oder Wölben) des Metalls, was möglicherweise bei Erreichen des Berstdrucks zu Versagen des Rohrs führt.

Ein sekundäres Problem stellt die Zunderabblätterung dar, wobei Teile der Oxidschicht abplatzen (gewöhnlich aufgrund thermischer Spannungen beim Hoch- und Herunterfahren des Kessels). Diese harten Teile werden durch den Dampfausstoß in die Turbine übertragen, was nach einiger Zeit zu Erosionsschäden führt.

Die Ausbreitung von Magnetitzunder und der dadurch bedingte Metallschaden sind die hauptsächlichen Faktoren hinsichtlich der Begrenzung der Lebensdauer von Kesselrohren. Der Prozess startet langsam und beschleunigt sich dann; mit wachsender Dicke der Zunderschicht wird die Rohrwand heißer, wodurch wiederum die Ausbreitung des Zunders sowie die Metallschäden zunehmen. Studien aus der Kraftwerksindustrie zeigten, dass die Auswirkung von Zunder bis zu einer Dicke von ungefähr 0,3 mm relativ gering ist. Aber über diese Dicke hinaus, nehmen die negativen Auswirkungen von Zunder schnell zu. Durch regelmäßige Messungen der Oxidschichtdicke (Zunder) kann der Anlagenbetreiber die restliche Nutzungsdauer des Rohrs einschätzen und Rohre erkennen und ersetzen, die den Bruchpunkt erreicht haben. Die Ultraschallprüfung ist eine schnelle zerstörungsfreie Methode für die Messung von Zunder. Tragbare Handgeräte, wie der Dickenmesser 38DL PLUS oder die Prüfgeräte der Serie EPOCH messen innere Oxidschichten bis zu einer Mindestdicke von ungefähr 0,2 mm mit dem herkömmlich empfohlenen Messkopf M2017 (Vorlauf von 20 MHz). Der spezielle Messkopf M2091 von 20 MHz sendet Transversalwellen

und kann mit Koppelmittel für Transversalwellen eingesetzt werden, um bis zu ungefähr 0,152 mm zu messen. In allen Fällen muss die Ankoppelfläche glatt sein und in einigen Fällen muss die Oberfläche vorher behandelt werden.



Typische Messung der Oxidschicht im Rohrrinnen mit einem Dickenmesser und dem Vorlaufstreckenmesskopf M2017 (vergrößert)



Typische Messung der Oxidschicht im Rohrrinnen mit einem Prüfgerät und dem Vorlaufstreckenmesskopf M2017 mit angezeigtem Vorlaufstreckenecho links auf dem Bildschirm

Für weitere Einzelheiten zu dem Thema Oxidschicht (Zunder) und die Auswirkung auf Kesselrohre siehe das Buch *Metallurgical Failures in Fossil Fired Boilers* von David N. French (John Wiley Sons, 1983).

## Für diese Anwendung eingesetzte Produkte



### EPOCH 6LT

Das tragbare Ultraschallprüfgerät EPOCH 6LT ist für die Bedienung mit einer Hand optimiert und bietet eine hervorragende Leistung bei Anwendungen in Verbindung mit der Seilzugangstechnik und bei Anwendungen, die eine hohes Maß an Beweglichkeit und Flexibilität erfordern. Das Gerät mit seinem leichten und ergonomischen Design liegt sicher in der Hand oder kann in Verbindung mit der Seilzugangstechnik am Bein des Prüfers befestigt werden.



### 38DL PLUS

Der erweiterte Ultraschalldickenmesser 38DL PLUS verwendet Sender-Empfänger-Messköpfe zur Messung von Innenkorrosion und besitzt die Technologie THRU-COAT im Echo-Echo-Modus. Einzelschwingermessköpfe können für sehr präzise Dickenmessungen von dünnen, sehr dicken oder mehrschichtigen Materialien eingesetzt werden.



### EPOCH 650

Das EPOCH 650 ist ein außerordentlich leistungsstarkes Ultraschallprüfgerät, das für zahlreiche Anwendungen eingesetzt werden kann. Dieses intuitive und robuste Prüfgerät mit zusätzlichen Funktionen ist eine Fortführung des bekannten EPOCH 600.

[www.olympus-ims.com](http://www.olympus-ims.com)

**OLYMPUS**

Anfragen an  
[www.olympus-ims.com/contact-us](http://www.olympus-ims.com/contact-us)

**OLYMPUS EUROPA SE & CO. KG**  
Wendenstraße 14-18, 20097 Hamburg, Deutschland, Tel.: (49) 40-23773-0  
**OLYMPUS DEUTSCHLAND GMBH**  
Wendenstraße 14-18 20097 Hamburg, Tel.: (49) 40-23773-0  
**OLYMPUS AUSTRIA GES.M.B.H.**  
Shuttleworthstraße 25, 1210 Wien, Tel.: (43) 1 29101-248

**OLYMPUS SCIENTIFIC SOLUTIONS AMERICAS CORP.**  
ist gemäß ISO 9001, ISO 14001 und OHSAS 18001 zertifiziert.  
Technische Änderungen vorbehalten. Alle Firmen- und Warennamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen des jeweiligen Eigentümers oder eines Dritten.  
Copyright © 2019 Olympus NDT.