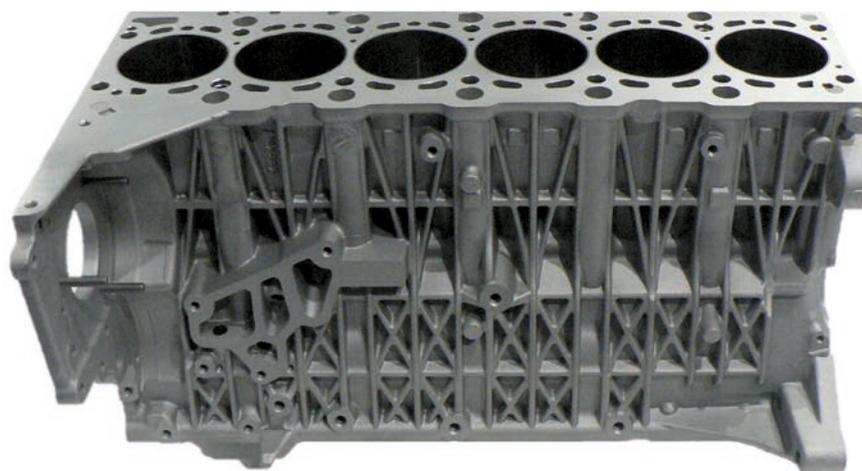


Prozesskontrolle thermisch gespritzter Schichten

Ein neues Messgerät ermöglicht eine schnelle und zerstörungsfreie Schichtdickenmessung in thermisch gespritzten Beschichtungen. Prozessabweichungen lassen sich so frühzeitig erkennen und korrigieren.

Prof. Dr. Nils Reinke

Wird der gewöhnliche Graugusseinsatz im Aluminiumkurbelgehäuse durch eine thermisch gespritzte Eisenbasisbeschichtung ersetzt, stellen sich in diesen Kurbelgehäusen sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Porosität und mechanischen Eigenschaften des Aluminiumgusses im Bereich der Zylinderbohrungen. Der eigentliche Beschichtungsprozess besteht im Wesentlichen aus vier Schritten: Dem Feinbohren, dem Aufrauen, dem Beschichten und der Nachbearbeitung. Zwischen den einzelnen Prozessschritten werden Prüfungen zur Qualitätssicherung durchgeführt. Die Prüfungen müssen je nach Stückzahl, Anwendung und bei funktionskritischen Qualitätskenngrößen bis zu 100 % durchgeführt werden. Der Zweck des Feinbohrens ist einerseits die Ausrichtung der Bohrung zur Kurbelwellenachse und andererseits das Vergrößern der Bohrung, entsprechend der angestrebten Schichtdicke nach der Endbearbeitung. Es werden dabei sowohl die Form- und Lagetoleranzen eingestellt als auch die Zylindrizität hergestellt. Über die Dicke der Schicht, die einige hundert Mikrometer beträgt, können zu einem späteren Zeitpunkt nur sehr eingeschränkt Lagetoleranzen korrigiert werden. Die Bohrung wird also vor dem Aufrau- und Beschichtungsprozess in ihrer Position festgelegt.



© Wikipedia

Bild 1 > Wird im Kurbelgehäuse eines Achtzylindermotors der gewöhnliche Graugusseinsatz durch eine thermisch gespritzte Eisenbasisbeschichtung ersetzt, ergeben sich sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Porosität und mechanischen Eigenschaften des Aluminiumgusses im Bereich der Zylinderbohrungen.

Das Aufrauen der Zylinderoberfläche dient der Herstellung der erforderlichen Schichthaftung. Dieser Schritt erfolgt entweder über Korundstrahlen, Hochdruck- oder gepulsten Niederdruckfluidstrahlen oder durch eine rein mechanische Bearbeitung. Das Korundstrahlen und die Fluidstrahlprozesse zum Aufrauen der zu beschichtenden Oberflächen werden in einer separaten Anlage durchgeführt. Das mechanische Aufrauen des Kurbelgehäuses kann

typischerweise nach dem Feinbohren in derselben Aufspannung durchgeführt werden. So kann ohne Versatz, das Aufrauprofil eingebracht werden. Eine optische Bilderkennung dient im Anschluss der Erkennung möglicher Fehlstellen und der Aussortierung zur Nacharbeit. Beim Korundstrahlen können solche Fehlstellen eingebettete Korundpartikel sein, beim Fluidstrahlen sind es vor allem ausgegrissene Phasen und geweitete Poren.



Bild 2 > Zur Schichtdickenmessung wird die Messoptik in die Zylinderbohrung eingeführt (obere Bohrung aufgeschnitten). So kann die Schichtdicke zuverlässig an beliebigen Positionen im Umfang und in der Tiefe der Zylinderbohrung gemessen werden.

© Winterthur

Beim mechanischen Aufrauen wird ein Rillenprofil in das Aluminium geschnitten. Die Ausprägung dieses Profils, welches auch über Hinterschnitte verfügt, ist in Kombination mit der metallisch glänzenden Oberfläche für eine Inspektion durch ein Kamerasystem ungeeignet.

Erhöhte Lebensdauer des Motors

Das thermische Spritzverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Beschichtungswerkstoff durch eine thermische Quelle, zum Beispiel einer Plasmaflamme, aufgeschmolzen und durch eine Gasströmung auf ein Bauteil aufgeschleudert wird. Die flüssigen Partikel erstarren beim Kontakt mit der Oberfläche schlagartig und erzeugen so lagenweise eine Beschichtung. Mittels des pulverbasierten atmosphärischen thermischen Spritzens lassen sich nahezu alle Werkstoffe verarbeiten. Das Schichtspektrum reicht damit von thermoplastischen Kunststoffen über Metalle und Carbide bis hin zu keramischen Schichten. Die eisenbasierten Beschichtungen bieten die erforderlichen tribologischen Eigenschaften und sind als Draht oder Pulver erhältlich.

Das Lichtbogendrahtspritzen (LDS), das Plasma Transferred Wire Arc (PTWA) und das Rotating Single Wire (RSW) stellen verschiedene Drahtbeschichtungsver-

fahren dar. Das pulverbasierte atmosphärische Plasmaspritzen (APS) bietet zudem die Möglichkeit, neben den metallischen auch keramische Werkstoffe zu spritzen. Für die Beschichtungen der Laufflächen von sowohl Otto- als auch Dieselmotoren werden hauptsächlich niedrig legierte Kohlenstoffstähle eingesetzt. Die Beschichtungen sind heterogen und bestehen nicht nur aus aufgeschmolzenen und erstarrten Partikeln. Innerhalb der Schichten bilden sich außerdem Oxide und Carbide sowie Poren, deren Häufigkeit je nach Wahl der Prozessparameter und verfahrensbedingt zwischen 1 bis 4 % liegt. Diese Poren dienen nach dem Honen als Schmierstoffreservoirs und binden den Schmierstoff an einen festen Ort. Reibungskräfte zwischen Kolbenring/Kolben und der Zylinderwand werden dadurch auf ein Minimum reduziert, der Kraftstoffverbrauch verringert und die Lebensdauer des Motors erhöht.

Schichtdickenmessung unter einer Sekunde

Die Dicke der noch unbearbeiteten thermischen Spritzschicht muss engen Toleranzen folgen. Eine Abweichung von vorgegebenen Toleranzen kann zu Nachbearbeitungen und einer Zerstörung des Honwerkzeugs im nachfolgenden Bearbei-

tungsschritt führen. Mittels frühzeitiger Schichtdickenmessung lassen sich eventuell nachfolgende Bearbeitungsschritte in der Wertschöpfungskette sparen, beispielsweise bei zu geringer Schichtdicke. Traditionelle Schichtdickenmessgeräte weisen aufgrund der spritzrauen Oberfläche eine geringe Wiederholgenauigkeit auf und sind daher für die Qualitätssicherung nicht geeignet. Stichprobenartige Kontrollen über Schlißbilder sind sehr zeitaufwendig und ermöglichen keine lückenlose und zerstörungsfreie Kontrolle des Beschichtungsprozesses.

Im Gegenzug dazu misst das neue Gerät (CoatMaster) von Winterthur den Schichtdickenmittelwert über eine Aufweitung der Messfläche auf einen Durchmesser von 1 bis 3 mm. Dadurch werden auch bei hohen Rauigkeiten hohe Wiederholgenauigkeiten von 1 bis 2 % erreicht. Eine Messung dauert weniger als eine Sekunde und somit ist die Prüfung mehrerer Messpunkte pro Bohrung auch in der Serienproduktion möglich.

Das Messgerät basiert auf dem Verfahren der thermischen Schichtprüfung. Die Lichtquelle des Geräts erwärmt die Oberfläche der Spritzschicht für eine Dauer von wenigen Millisekunden um wenige Grad Celsius. Es ermittelt den zeitlichen Verlauf der Oberflächentemperatur über optische Elemente und einem Infrarotsensor.

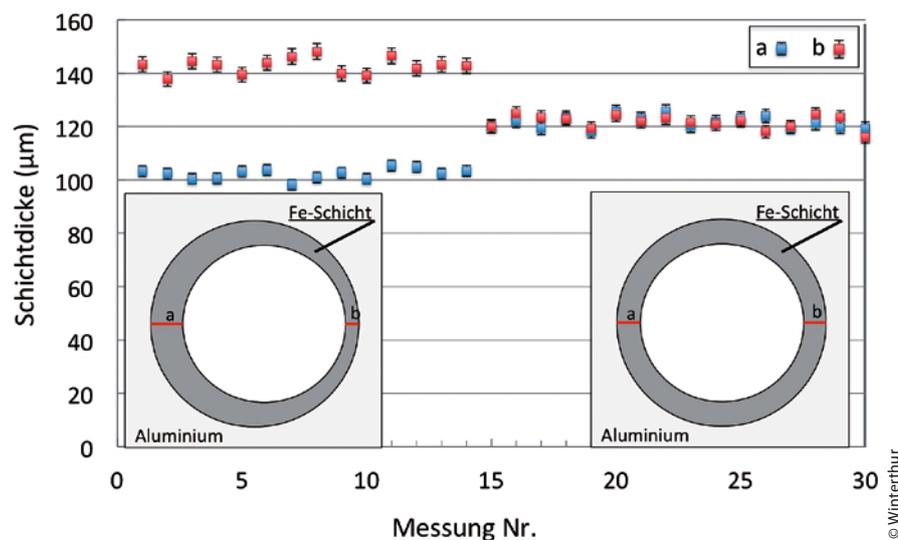


Bild 3 > Die Schichtdickenmessung innerhalb der Zylinderlaufbahn von unten nach oben an gegenüberliegenden Stellen (a,b). Messungen 1-15 Kurbelgehäuse 1, Messungen 16-30 Kurbelgehäuse 2.

Die technischen Daten der verwendeten Lichtquelle sind vergleichbar mit fotografischen Blitzröhren und bergen kein Gefährdungspotenzial für Mensch und Umwelt. Pro Messvorgang werden über 100.000 Temperaturmesswerte ausgewertet und daraus die Schichtdicke ermittelt. Die Messung kann bei einer einstellbaren Messfläche von 2 bis 50 mm aus einer Entfernung bis zu einem Meter erfolgen. Der Fehler der Einzelmessung liegt typischerweise unter 1 %. Schichtdicken lassen sich mit einer Frequenz von bis zu 2 Hz aufnehmen. Durch eine optische Messsonde (Bild 2), die auf dem Gerät aufgeschraubt wird, werden Messpositionen in einem festen Raster automatisiert über die gesamte Zylinderlaufbahn erfasst.

„Mit dem CoatMaster ist es möglich, eine genaue und schnelle Schichtdickenmessung der thermisch gespritzten Beschichtung zerstörungsfrei direkt im Prozess durchzuführen. Prozessabweichungen, welche die Schichtdicke beeinflussen, können schnell erkannt und korrigiert werden“, erklärt Dr. Peter Ernst, Leiter der SumeBore Laufflächen Beschichtungstechnologie bei Oerlikon Metco.

Reduzierung der Oberflächenrauheit

Im abschließenden Honprozess werden die Strukturen auf der spritzrauen Oberfläche abgetragen und damit die Rauheit der Oberfläche auf ein Ra im Bereich <5

µm reduziert. Eine abschließende Schichtdickenmessung an definierten Positionen der Zylinderlaufbahn ermöglicht eine Kontrolle der Konzentrität der gehonten Beschichtung und der Feinbohrung. Aufgrund des höheren Reflexionsgrads der gehonten Oberfläche nimmt die Standardabweichung der Schichtdickenmessung mit dem Messgerät auf 2 bis 4 % zu. Eine ermittelte Asymmetrie (Bild 3) kann durch Justage des Honwerkzeugs beim Honen mit starrer Achse leicht korrigiert werden. //

Der Autor

Prof. Dr. Nils A. Reinke, CEO
 Winterthur Instruments AG, Winterthur,
 Tel. +41 52511 8730,
 nils.reinke@winterthurinstruments.ch,
 www.winterthurinstruments.ch