

Das richtige Messmittel zur Überwachung Ihres Prozess finden: Methoden der Messsystemanalyse

Haben Sie sich auch schon gefragt, ob das eingesetzte Messmittel geeignet ist, Ihren Prozess zu messen? Mit dieser Frage beschäftigt sich die Messsystemanalyse. In diesem Artikel gebe ich Ihnen einen kurzen Überblick über die wichtigsten Begrifflichkeiten und eine Einleitung in die gängigen Verfahren am Beispiel der Messung einer Haftvermittlerbeschichtung auf Drehschwingungsdämpfern.

Drehschwingungsdämpfer schützen das Getriebe in Verbrennungsmotoren vor Spitzenlasten, die bei der stoßartigen Kraftübertragung von den Kolben auf die Kurbelwelle auftreten. Sie bestehen aus einer metallischen Nabe und einem Schwungrad, die mit einem Gummielement verbunden sind. Die Verbindung von Gummi und Metall erfolgt über eine Haftvermittlerbeschichtung von einigen hundertstel Millimeter Dicke.



1 Drehschwingungsdämpfer der Firma Winkelmann Powertrain im Querschnitt.

Erster Schritt: Bestimmung der Auflösung des Messmittels

Vor der Analyse des Messmittels, ist zu überprüfen, ob seine Auflösung für die Analyse des zu messenden Prozesses ausreichend ist. Das Messmittel muss eine Auflösung besitzen, die feiner als 5% des gegebenen Toleranzfensters ist. Dies ist die Basis, um Messwerte sicher ermitteln zu können.

Als Beispiel diene eine Haftvermittler-Beschichtung mit einer vorgegebenen Schichtdicke von $20\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$. Bei einer Toleranz von $10\mu\text{m}$ mm bedeuten 5% der Toleranz $0.5\mu\text{m}$. In diesem Fall darf das Messgerät also eine Auflösung von $0.5\mu\text{m}$ über den gesamten Messbereich nicht überschreiten.

Verfahren 1 (engl. *type-1 study*): Genauigkeit und Wiederholpräzision

Das Verfahren 1 beschreibt eine Methode zur Bestimmung der Genauigkeit und Wiederholpräzision eines Messsystems. Dabei wird eine Referenz mit einem bekannten Merkmalwert (in unserem Beispiel die

Schichtdicke) benutzt. Die Referenz wird mindestens 25x gemessen und nach jeder Messung zurückgelegt. Basierend auf der Standardabweichung der Messwerte und der systematischen Messabweichung werden dann der cg-Wert berechnet.

Das Verfahren soll anhand der berührungslosen Schichtdickenmessung mit dem coatmaster Flex (von der Firma coatmaster AG) illustriert werden. Das Messsystem basiert auf Advanced Thermal Optics (ATO) Technologie, der impulsartigen Erwärmung der Beschichtung über eine Gasentladungslampe und der Messung der Temperaturantwort über einen Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Detektor. Die Auswertung der Messdaten über physikalische Modellfunktionen und die zentrale Messwertspeicherung erfolgt in der coatmaster Cloud.

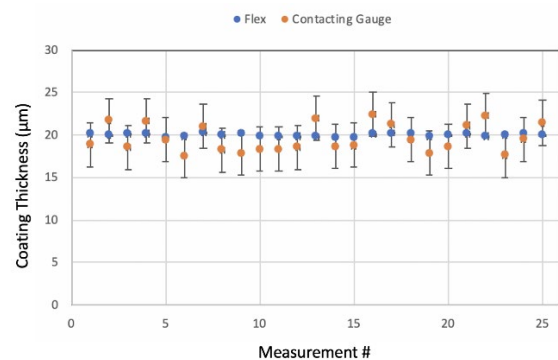
Video 1 zeigt die wiederholte Schichtdickenmessung der Haftvermittlerbeschichtung mit dem coatmaster Flex.



1 Video: Wiederholungsmessungen mit dem coatmaster Flex an einer Haftvermittlerschicht auf einem Schwungring eines Drehschwingungsdämpfers.

<https://www.youtube.com/watch?v=zB7ZsbOIOc4>

Die Schichtdickenwerte aus der Messreihe mit dem coatmaster Flex werden in Abbildung 2 durch blaue Messpunkte dargestellt. Zum Vergleich wurde auch eine Messreihe mit einer kontaktierenden Messsonde (magnetisch-induktive), dargestellt mit orangenen Punkten, durchgeführt.



2 Wiederholte Messung der Schichtdicke einer Haftvermittlerbeschichtung mit dem coatmaster Flex (blaue Punkte) und einem kontaktierenden Messgerät (orange Punkte).

Die Mittelwerte beider Verfahren schwanken jeweils um 20µm. Die ermittelten Standardabweichungen (entspricht dem Fehler einer Einzelmessung) beim coatmaster Flex und der kontaktierenden Methode betragen 0.18µm respektive 1.6µm. Bei fester Positionierung von Messobjekt und coatmaster Flex sinkt die Standardabweichung sogar auf unter 0.05µm. Die geringe Standardabweichung des coatmaster Flex ist im Messverfahren begründet, welches die Schichtdicke auf einer Kreisfläche von 2mm mittelt. Bemerkenswert ist auch die weitgehende Winkel- und Abstandsabhängigkeit der gemessenen Schichtdicke.

Tauglichkeit des Messverfahrens

Zur weiteren Beurteilung der Tauglichkeit des Messverfahrens wird nun der c_g -Wert aus den beiden Messreihen ermittelt. Dieser berechnet gemäss Bosch-Heft Nummer 10 gemäss der folgenden Formel:

$$c_g = \frac{0,2 \times T}{6 \times s_g}$$

mit dem Toleranzbereich T (obere Toleranzgrenze minus untere Toleranzgrenze) und der Standardabweichung s_g . Für die Qualitätskontrolle gemäss Bosch-Vorgabe dürfen nur Prüfmittel mit einem c_g -Wert von über 1,33 verwendet werden.

Verfahren 2 (engl. type-2 study, Gauge R&R study): Wiederhol- und Vergleichspräzision des Messmittels im Einsatz

Oft kommt in der Messsystemanalyse nur das Verfahren 1 zur Anwendung. Zur Untersuchung der Wiederhol- und Vergleichspräzision eines Messmittels im Praxiseinsatz (engl. *repeatability and reproducibility*, daher *R&R*, auch *Gauge R&R* bzw. *Gage R&R*, nach engl. *ga[u]ge*, Messgerät) kommt das wesentlich aufwendigere Verfahren 2 zur Anwendung. Dieses Verfahren kommt erst zum Einsatz, nachdem das Messmittel nach Verfahren 1 als fähig eingestuft worden ist. Nach Verfahren 2 werden zehn Teile, die den gesamten Streubereich des gemessenen Merkmals abdecken, zwei- oder dreimal von drei verschiedenen Bedienern (bzw. an drei verschiedenen Orten oder mit drei verschiedenen Geräten desselben Typs) gemessen. Keiner der Bediener darf dabei die Ergebnisse der anderen Bediener sehen. Die Teile werden bei jedem Durchgang in zufälliger Reihenfolge gemessen, so dass der

Bediener sich nicht an das Messergebnis im vorigen Durchgang erinnern kann.

Für jeden Bediener wird ein Gesamtmittelwert und ein durchschnittlicher Spannweitenwert (basierend auf den Differenzen zwischen dem größten und kleinsten Messwert, den der Bediener für jedes Teil ermittelt hat) berechnet. Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Bedienermittelwert lässt eine Aussage über die Vergleichspräzision zu. Der Gesamtmittelwert der für die einzelnen Bediener errechneten durchschnittlichen Spannweitenwerte wird zu einer Aussage über die Wiederholpräzision herangezogen. Ausgehend von Wiederhol- und Vergleichspräzision wird dann die Gesamtstreuung des Messmittels berechnet und in Beziehung zur Merkmalsstreuung bzw. Toleranz gesetzt.

Fazit

Mit dem Verfahren 1 haben Sie die Möglichkeit, einfach und schnell die grundsätzliche Tauglichkeit eines Messgeräts zur Überwachung Ihrer Prozesse zu prüfen. Der Aufwand zur Durchführung des Verfahrens 2 in Vorbereitung, als auch in der Durchführung ist beträchtlich, kann sich aber alleine zur Absicherung gegen spätere Haftungsfragen lohnen. Nicht selten werden für die Überwachung von Prozessen unzulässige Messmittel eingesetzt, da einerseits die Methoden zur Messsystemanalyse nicht bekannt sind oder der Aufwand einer Überprüfung des Messmittels gescheut wird. Wenn ich Ihnen eine erste Hürde für die Durchführung einer Messsystemanalyse nehmen konnte, hat dieser Artikel seinen Zweck erfüllt.

Autor

Prof. Dr. N. A. Reinke
Co-founder, co-CEO
coatmaster AG
CH-Winterthur
Tel. +41 52 2120277
info@coatmaster.com
www.coatmaster.com