Die Adressen unserer zahlreichen
Auslandsvertretungen finden Sie im Internet.

Dr. D. Wehrhahn
Meßsysteme für die Qualitätssicherung
Hildesheimer Straße 140
D-30173 Hannover

Fon +49 511 51 26 65
Fax +49 511 52 21 52

Mail info@drwehrhahn.de
Web www.drwehrhahn.de

Dr. D. Wehrhahn
Meßsysteme für die Qualitätssicherung

Punktuell
Mehrspurig
Scannend
Traversierend
mit Laser
mit Ultraschall

Dickenmessung – berührend und berührungslos

Berührende und berührungslose Dickenmessung

In nahezu allen modernen Fertigungslinien ist die genaue Kenntnis der Dicke des produzierten Materials eine wichtige Kenngröße zur:

- Kontrolle der geforderten Toleranz
- automatischen Steuerung der Presse oder des Kalanders
- Kosteneinsparung durch Produktion an der unteren Toleranzgrenze

OPTI*mess* Dickenmesssysteme liefern online in Abhängigkeit von der Produktionsgeschwindigkeit eine gewünschte Anzahl von Messwerten unabhängig von der Beschaffenheit, Farbe und Temperatur des zu messenden Materials.

Messverfahren

Es wird grundsätzlich zwischen einer berührend und einer berührungslos arbeitenden Dickenmessung unterschieden. Die Auswahl des jeweils einzusetzenden Verfahrens hängt von unterschiedlichen Kriterien ab:

- Materialzusammensetzung (homogen oder inhomogen)
- Materialbeschaffenheit (fest, duktil oder z.B. klebrig)
- zu messende Materialdicke
- geforderte Genauigkeit
- Messfleckgröße
- Messgeschwindigkeit

Berührende Systeme arbeiten größtenteils mit Messrollen oder Messkufen, die mit unterschiedlichen Kräften an das Material angedrückt werden und über deren Auslenkung die Dicke erfasst wird.
Berührungslos arbeitende Systeme setzen als Messaufnehmer meistens Laser-, Ultraschall, kapazitive-, induktive- oder Luftkissensensoren, sowie radiometrische Strahlenquellen ein. Jedes dieser Messverfahren hat in Abhängigkeit vom zu messenden Material spezifische Vor- und Nachteile, die den jeweiligen Einsatz bevorzugen, einschränken oder unmöglich machen.

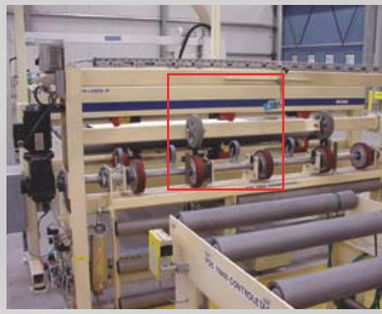
Messanordnungen für Dickenmesssysteme

Es bieten sich grundsätzlich drei Anordnungen, abhängig vom eingesetzten Verfahren, an.

1. Einseitige Dickenmessung gegen eine Referenz
Der jeweilige Sensor wird hierbei oberhalb des Materials angeordnet und misst gegen eine Referenz, die sich unterhalb des Materials befindet. Diese Referenz kann entweder eine feste Platte oder eine Rolle sein, über die das Material geführt wird. Der Sensor wird gegenüber der Referenz genullt und misst dann auf das durchlaufende Material. Die Messdifferenz ist die Dicke. Wichtig ist, dass das Material während der gesamten Messung Kontakt mit der Referenz hat, da sonst durch einen Luftspalt oder abgelagertes Material auf der Referenz eine falsche Dicke gemessen wird. In der Praxis hat sich daher die Referenzrolle durchgesetzt. Die Anlage des Materials wird durch den Umschlingungswinkel gewährleistet. Der Rundlauffehler der Rolle muss viel kleiner als die geforderte Messgenauigkeit sein, um verlässliche Werte zu erlangen.

2. Doppelseitige Dickenmessung
Durch die Anordnung eines Sensors oberhalb und eines unterhalb des Messgutes erfolgt die Dickenmessung als Differenzmessung. Jeder Sensor erfasst den Abstand zum Material. Durch Subtraktion beider Messwerte von dem kalibrierten Basisabstand der Sensoren erhält man die Dicke. Da beide Sensoren absolut zeitgleich arbeiten, führt eine vertikale Bewegung des Messgutes (z.B. durch Schwingungen oder Rollgangsfehler) zu keinem Fehler in der Dickenmessung. Etwas aufwändiger ist die Kalibrierung dieser Messanordnung. Sie ist manuell möglich, indem ein Target bekannter Dicke angemessen wird und der Basisabstand sich aus den Einzelmesswerten der Sensoren plus Targetdicke ergibt. Sie kann aber auch automatisch erfolgen, indem ein Referenztarget bei fehlendem Messgut eingeschwenkt wird. Wichtig ist bei dieser Anordnung ein stabiler Messrahmen, als C- oder O-Rahmen ausgeführt, damit sich der Abstand der Sensoren zueinander während der Messung nicht verändert. Die Messung kann grundsätzlich ein - oder mehrspurig erfolgen.

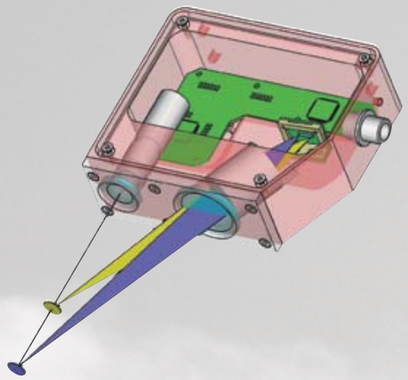
3. Traversierende Dickenmessung
Wird eine Dickenmessung nicht nur in einzelnen Spuren gewünscht, sondern über die gesamte Materialbreite, so bietet sich eine traversierende Dickenmessung an. Hierbei wird wie bei der einspurigen Dickenmessung ein Sensor oberhalb des Materials angeordnet und gegen eine Referenz gemessen oder mit zwei Sensoren ober- und unterhalb des Materials die Dicke erfasst, nur dass die Sensoren jeweils auf einer Linearführung montiert sind. Der obere und untere Sensor sind über einen gemeinsamen Antrieb gekoppelt, damit sie synchron zueinander verfahren werden können. So können Traversierbreiten bis über fünf Meter realisiert werden.



Wenn das Produkt durch das System transportiert wird und die Sensoren traversieren, ergibt sich eine zickzackförmige Messlinie auf dem Material. Hieraus lässt sich in der weiterverarbeitenden Software ein Quer- und Längsprofil der Materialdicke ableiten. Da die vertikalen Führungsfehler der Linearführungen direkt in die Dicke eingehen, ist vor der Messung eine sogenannte Traversenfehlerkorrektur aufzunehmen, in der Software zu hinterlegen und später mit den aufgenommenen Messwerten an der jeweiligen Messposition zu korrigieren.

Mit den aufgeführten OPTI*mess*-, UDM- und DMS-Systemen ist es möglich, kundenspezifische Dickenmessanlagen als berührend oder berührungslos arbeitende Systeme für nahezu alle Materialien und Temperaturen als Einspur- oder Mehrspur- Systeme oder traversierende Systeme herzustellen.

Dickenmessung mit Laser



Hierbei kommen punktuelle OPTI*mess* Lasertriangulationssensoren, OPTI*scan* Lasertriangulationsscanner oder Lichtschnittsensoren und OPTI*line* Schattenmesssysteme zum Einsatz. Die Vorteile der Lasermesstechnik im Bereich der Dickenmessung sind:

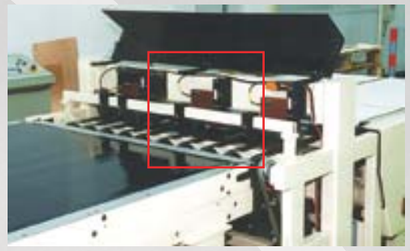
- kein Materialkontakt
- unabhängig von der Farbe des Materials durch Regelung der Laserleistung
- unabhängig von der Zusammensetzung des Materials
- hohe Ortsauflösung durch kleinen Messfleck
- hohe Messfrequenz (bis 50 kHz)
- großer Abstand vom Material möglich
- Messungen von heißen Oberflächen möglich

Für die Messung auf voll transparenten Materialien ist ein spezieller Lasersensor, der in Direktreflexion arbeitet, nötig.

Bei der Dickenmessung mit OPTI*mess* Sensoren wird bei der Lasertriangulation ein Laserpunkt, bzw. bei Scannern und Lichtschnittsensoren eine Linie, auf dem Material abgebildet. Dieser Punkt wird über eine unter einem Winkel angeordnete Empfängeroptik auf einem Detektor dargestellt. Dies kann ein PSD (Position Sensitive Detector) oder CCD (Charged Coupled Device) Detektor sein.

Der PSD Detektor bietet die höhere Messfrequenz (Bandbreite), der CCD Detektor weist dagegen ein geringeres Rauschen und somit eine höhere Empfindlichkeit auf. Durch das selektive Auslesen der Bildpunkte ist auch eine genaue Trennung zwischen Oberflächenreflexion und Reflexion aus dem Material heraus möglich. Dies ist besonders bei teiltransparenten Materialien wichtig.

Punktuelle Dickenmessung (ein- und mehrspurig)

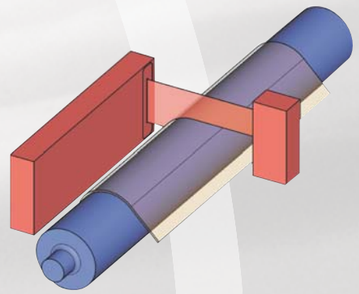


Die punktuelle Dickenmessung erfolgt bei stehenden Objekten direkt am Auftreffpunkt des Laserstrahls oder bei einem Durchlaufen des Messgutes unter dem Sensor entlang der Linie, die der Laserpunkt auf dem Material abbildet. Die Messung kann als Referenzmessung mit einem Sensor oder als Dickenmessung mit zwei Sensoren je Messspur ausgeführt werden. Als Messrahmen stehen C-Bügel, O-Rahmen oder komplette Messmodule mit automatischer Kalibrierung und eigenen Antriebsbändern zur Verfügung.

Linienförmige Dickenmessung (scannend oder traversierend)

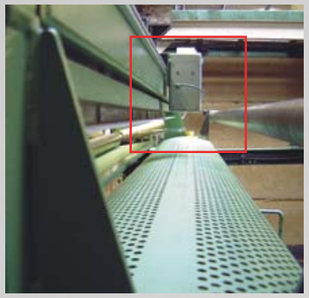
Diese Dickenmessung findet statt über OPTI*scan* Laserscanner oder Lichtschnittsensoren oder bei größeren Breiten mittels einer Traversiermechanik und zwei punktuellen OPTI*mess* Lasersensoren. Bei den Laserscannern fällt zusätzlich zur Abstandsinformation noch die seitliche Position als Messwert an, so dass die Dicke oder das Dickenprofil entlang der gescannten Linie aufgenommen wird. Bei kleinen Breiten bieten die Laserscanner oder Lichtschnittsensoren den Vorteil, dass keine zusätzlichen bewegten Teile erforderlich sind und so Scanfrequenzen von etwa 20 Hz möglich sind. Die Traversiermechaniken, als O-Rahmen ausgebildet, bieten hingegen die Möglichkeit, Messbreiten bis zu 5 Meter zu realisieren.

Dickenmessung nach dem Abschattungsprinzip



Beim Abschattungsprinzip mit OPTI*line* Sensoren wird eine Laserlinie parallelen Lichts erzeugt und auf einer gegenüberliegenden CCD Zeile abgebildet. Wird Material in den Messspalt eingebracht, führt dies zu einer teilweisen Abschattung der Laserlinie auf dem Detektor. Zur Dickenmessung ist es hierbei erforderlich, dass das zu messende Material über eine Rolle umgelenkt wird. Die vom Schattenmesssystem erfasste Differenz zwischen Rolle (Nullpunkt) und Materialoberfläche ist die Materialdicke.

Dickenmessung mit Ultraschall



Bei den Ultraschallsystemen der UDM-Serie wird ein Ultraschallimpuls im Sensor erzeugt und zur Materialoberfläche ausgesandt, dort reflektiert und vom selben Sensor wieder empfangen. Durch die bekannte Schallgeschwindigkeit in Luft kann so der Abstand zur Objektoberfläche und damit auch die Dicke ermittelt werden. Da sich die Schallgeschwindigkeit der Luft sehr stark mit der Temperatur ändert, sind die Ultraschallsensoren mit einer online Temperaturkompensation ausgerüstet. Diese erfolgt durch einen Referenzsteg vor dem Sensor, dessen bekannter Abstand mit jeder Messung des Messgutes mit erfasst wird. Ändert sich der Referenzabstand durch die Änderung der Temperatur, so kann mit dieser Änderung auch die eigentliche Messung kompensiert werden.

Vorteile der Ultraschallmessung sind

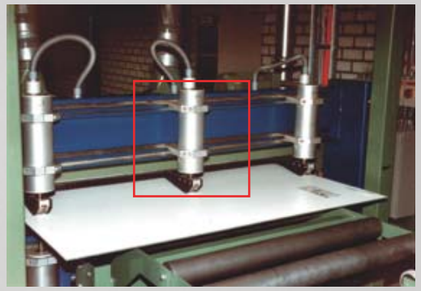
- eine gute Messbarkeit von porösen oder grob strukturierten Oberflächen durch großen integrierenden Messfleck
- die völlige Unabhängigkeit von Materialfarbe und -zusammensetzung
- die Messfähigkeit von transparenten Materialien (Glas)

Von der mechanischen Anordnung der Sensoren als ein- und doppelseitige, sowie traversierende Dickenmessung ist die Anordnung der Sensoren bei der Messung mit Ultraschall identisch mit der Lasermessung.

Die Einschränkungen: Trotz der Kompensation sollten nur Messungen bis Materialtemperaturen von < 50°C durchgeführt werden. Die Messfrequenz mit 200 Hz liegt weit unterhalb der des Lasers, und es ist auf Grund der Messfleckgröße keine Profilmessung möglich.

Berührende Dickenmessung

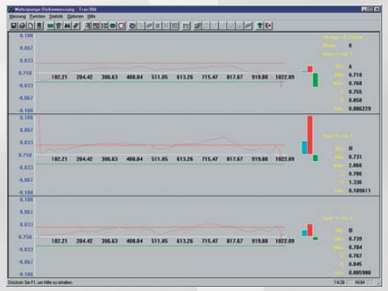
Taktile Dickenmesssysteme unserer DMS-Serie sind optimal dort geeignet, wo eine Berührung des Materials möglich ist und der aufgebrachte Andruck der Messrollen oder Messkufen zu keiner Veränderung der Dicke führt. Die teilweise sichtbaren Spuren auf dem Material müssen vom Anwender akzeptiert werden können.



Die taktilen Messsysteme bestehen in der Regel aus einer Messrolle oder –kufe, die mit einer Kolbenstange verbunden ist. Über die Kolbenstange wird ein einstellbarer Andruck über eine Feder oder über Luftdruck aufgebracht. Die Kolbenstange ist mit einem inkrementalen Wegmesssystem gekoppelt, das den Weg der Kolbenstange in einen Messwert umsetzt. Der große Vorteil dieser sehr robusten Systeme gegenüber den berührungslos arbeitenden Systemen liegt darin, dass die Genauigkeit nicht von der Größe des Messbereichs abhängt, da die Teilung des integrierten Messsystems und damit die Genauigkeit unabhängig von der Länge des inkrementalen Systems ist.

Berührende Systeme bieten sich daher in Stahlwerken und in der Holzindustrie (Spanplattenfertigung) an. Bei der Messung von Stahlbändern kann so ein großer Messbereich, der durch die Welligkeit der Bänder entsteht, abgedeckt werden, ohne dass die Messgenauigkeit darunter leidet. Ein weiterer Vorteil liegt in der direkten Nullung der berührenden Systeme durch das Aufeinanderfahren der Messrollen, wenn sich kein Material in der Messlinie befindet.

Dickenmesssoftware

Eine spezielle Dickenmesssoftware auf Windows NT Basis ermöglicht je nach eingesetzter Sensoranordnung die

- Kalibrierung der Messanordnung,
- weg- oder zeitabhängige Messwertaufnahme,
- Darstellung und Speicherung der Messwerte,
- Aufnahme der Traversenfehlerkorrektur,
- Toleranzüberwachung und
- Regelung von Kalandern oder Pressen.