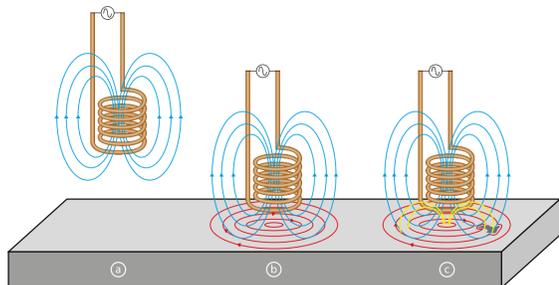


Anwendungen mit portablen Wirbelstromprüfgeräten

Grundlagen der Wirbelstromprüfung

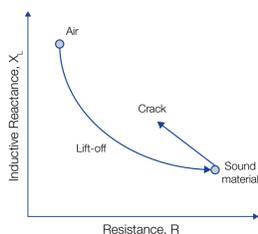
Wirbelstrom-Array (ECA) und konventioneller Wirbelstrom (EC) basieren auf dem gleichen Grundprinzip. Durch eine Spule geleiteter Wechselstrom erzeugt ein Magnetfeld (blau dargestellt). Wird die Spule über einem leitfähigen Material positioniert, werden entgegengesetzte Wechselströme (rot dargestellt) erzeugt. Fehler stören den Weg der Wirbelströme und diese Störung (gelb dargestellt) kann mit der Spule gemessen werden.



Eine Wirbelstromspule hat in der Luft eine bestimmte Impedanz, die durch Widerstand und Reaktanz verursacht wird. Wird die Spule näher an ein leitfähiges Material bewegt, ändert sich die Impedanz der Spule durch die Wirbelströme, die dem Abhebeweg folgen.

Befindet sich die Spule über der Oberfläche eines Prüfteils, stabilisiert sich die Impedanz auf ihren Schallwert.

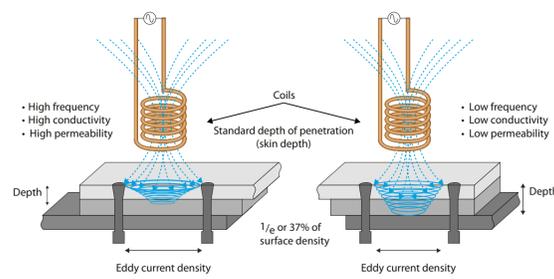
Wird die Spule über einen Fehler geführt, ändert sich die Impedanz der Spule entlang des Risses.



Tiefe der Durchdringung

Die Wirbelstromdichte ist über die Tiefe eines Materials nicht konstant. Am größten ist sie an der Oberfläche und nimmt mit zunehmender Tiefe exponentiell ab (Skin-Effekt). Zur Erklärung der Durchdringungsfähigkeit bei Wirbelstromprüfungen, die mit zunehmender Frequenz, Leitfähigkeit oder Sättigung abnimmt, wird die Standardgleichung für die Eindringtiefe (links) verwendet.

Bei einem dicken, homogenen Prüfteil ist die Standard-Eindringtiefe die Tiefe, bei der die Wirbelstromdichte 37 % der Oberflächendichte beträgt. Um oberflächennahe Materialfehler zu erkennen und die Dicke dünner Bleche zu messen, werden sehr hohe Frequenzen verwendet. Um Fehler unter der Oberfläche zu erkennen und hochleitfähige, magnetische oder dicke Materialien zu prüfen, müssen niedrigere Frequenzen verwendet werden. Auch wenn Prüfungen unter der Oberfläche den Prüfungen auf Oberflächen ähneln, erfordern sie doch eine größere Standard-Eindringtiefe. Diese Eindringtiefe hängt von Frequenz, Leitfähigkeit und Permeabilität ab.



$$\delta \text{ mm} \approx \frac{661}{\sqrt{f \mu_r \sigma}}$$

Hierbei gilt:
 δ = Standard-Eindringtiefe (mm)
 f = Prüffrequenz (Hz)
 μ_r = Relative magnetische Sättigung (dimensionslos)
 σ = Elektrische Leitfähigkeit (% IACS)

Leitfähigkeit

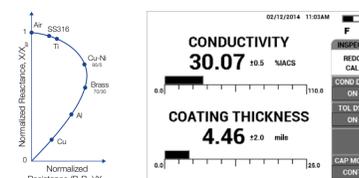
Materialien mit geringer Leitfähigkeit haben nur einen geringen Einfluss auf die Impedanz der Sonde und die Impedanz bleibt nahe dem Wert in Luft. Eine erhöhte Materialeitfähigkeit erzeugt einen größeren Widerstand gegenüber dem Magnetfeld und der Wert der Sondenimpedanz bewegt sich näher an den Nullpunkt. Die resultierende Kurve (unten) zeigt die Änderung der Impedanz bei einer Erhöhung der Leitfähigkeit.



Leitfähige Sonden mit POWERLINK Technologie von Olympus sind für die Verwendung mit Prüfgeräten der NORTEC 600 Serie ausgelegt. Sie werden zur Sortierung von Metallen und Legierungen, zur Bestimmung des Zustands der Wärmebehandlung und zur Erkennung von beschädigten Bereichen verwendet. Die Prüfgeräte der NORTEC 600 Serie messen die Leitfähigkeit, die in einer digitalen Anzeige in % IACS oder mS/m angezeigt wird, und sie messen die Beschichtung und den Abhebefaktor in Zoll oder Millimetern.

Der verbesserte Leitfähigkeitsmessmodus des NORTEC 600 Prüfgeräts besitzt einen neuen, unkomplizierten Justierassistenten, der auch anwendungsspezifische Justierkörper für die Messung von Leitfähigkeit und die Beschichtungsdicke berücksichtigt.

Das NORTEC 600 Prüfgerät kann die Leitfähigkeit sowie nicht leitfähige Beschichtungsdicken bis 0,64 mm (0,025 Zoll) auf nicht ferromagnetischen Materialien messen.

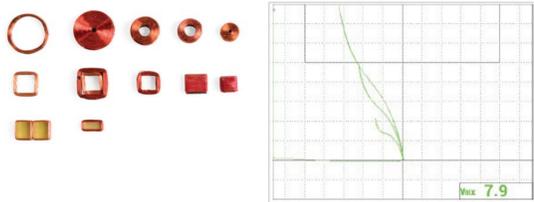


Anwendungen

Risse an Oberflächen

EC eignet sich zur Erkennung von Rissen auf der Oberfläche von Metallen. Das Wichtigste bei der Risserkennung ist die richtige Sonde für die Prüfaufgabe.

Kleine Risse erfordern kleine hochfrequente Sonden. Größere Sonden mit niedrigeren Frequenzen prüfen großflächig, sind jedoch nicht so empfindlich für kleine Fehler. Eine ausbalancierte Konfiguration ist für schnelle und effiziente Prüfungen unerlässlich. Wirbelstromspulen gibt es in vielen Formen und Größen, um den Anforderungen unterschiedlicher Anwendungen zu genügen.



Prüfungen unter der Oberfläche

Ringsonden sind für verschiedene Nietkopfdurchmesser ausgelegt und können Risse unter der Oberfläche erkennen, ohne dass die Nieten entfernt werden müssen.

Mit Punktsonden werden Fehler auf und unter Oberflächen erkannt. Sie sind in einem großen Frequenzbereich erhältlich und ihre Durchmesser sind normalerweise groß genug für niedrigere Frequenzen oder zum Abtasten großer Bereiche. Sonden zur Korrosionsprüfung weisen eine ausbalancierte Konfiguration auf, um Materialverlust in Aluminiumteilen zu erkennen.

Eingebettete Sonden sind für die Prüfung von Nietreihen ausgelegt. Dafür ist ihre Unterseite erhöht, sodass die Sonde leicht über hervorstehende Nietköpfe bewegt werden kann.



Prüfung von Schrauben und Nietlöchern

Flugzeuge besitzen tausende Nietlöcher und Schrauben. Das Metall dieser Schrauben ist anfällig für Spannungsrisse, daher müssen die Nietlöcher regelmäßig überprüft werden.

Bei vielen Wirbelstrom-Prüfgeräten muss der Filter vom Prüfer eingestellt werden, um ein klares Signal zu erhalten. Die Filtereinstellung ist eine schwierige, zeitaufwändige und anspruchsvolle Technik.

Daher steigern neue Filter mit konstanter Form die Effizienz des Prüfers erheblich. Dank dieser Technik bleibt das Signal beim Einstellen der Hoch- oder Tiefpassfilter konstant, die Form des Rissignals wird beibehalten und ermöglicht die Auswahl der angezeigten Signalformen (6- oder 8-förmig). In beiden Anzeigen kann der Prüfer die Amplitude des Fehlers erfassen, wobei die 6-förmige Signalform zudem noch die Phase liefert.



Schweißnahtprüfung

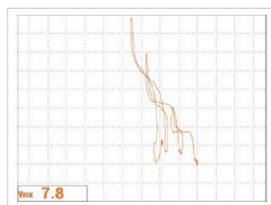
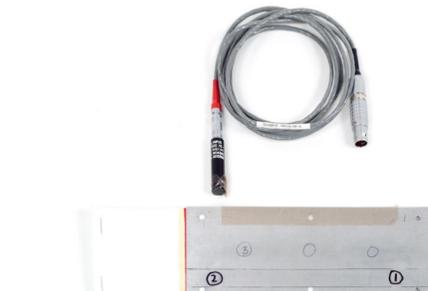
Die Schweißnahtprüfung war schon immer ein langes und schwieriges Prüfverfahren. Die Magnetpulverprüfung war die Standardmethode, aber die Entfernung von Anstrich, die Verwendung aggressiver chemischer Verbindungen, eine größere Haftpflicht des Unternehmens und eine geringe Produktivität sind wesentliche Nachteile dieser Methode. Moderne Wirbelstromsonden haben die Schweißnahtprüfung erheblich vereinfacht, die Produktivität gesteigert und die mit aggressiven Verbindungen einhergehenden Gefahren verringert.



Erweiterter Wirbelstrom: Korrosion

Korrosionsprüfungen werden mit einer Zwei-Frequenz-Konfiguration optimiert. Der Hauptvorteil der Zwei-Frequenz-Konfiguration ist die Möglichkeit, beide Frequenzen zur Fehlererkennung zu mixen. Frequenzen können addiert oder subtrahiert werden, um unerwünschte Signale, wie Pillinging-Einlagen, oder Effekte von verschiedenen Befestigungsmaterialien, zu entfernen.

Prüfungen im Zwei-Frequenz-Modus werden häufig bei Flugzeugen angewendet, die Anzeichen von Korrosion zeigen. Der Prüfer wählt eine Frequenz für eine hohe Eindringtiefe und eliminiert die Frequenz des Luftspalts. Dies erhöht die Erkennungsrate zwischen beiden Frequenzen und erleichtert eine genauere Prüfung.



Erweiterter Wirbelstrom: Rohr

Die Wirbelstrom-Technologie wird zur Prüfung von Rohren verwendet.

Stört ein Fehler den Wirbelstromfluss, ändert sich auch die Impedanz der Spulen in der Sonde. Diese Änderungen der Impedanz werden gemessen und verwendet, um Fehler im Rohr zu erkennen.

