

EMIR: ein direkt bildgebendes Verfahren der Mikrowellenprüfung

Johann H. HINKEN*, Gregor HORST*

* FI Test und Messtechnik GmbH

Kurzfassung

Bauteile aus elektrisch nichtleitenden Kunststoff-Verbunden werden in der Industrie zunehmend eingesetzt. Da es sich häufig um große Flächen handelt, wie bei Rotorblättern für Windkraftanlagen (WKA), Blattfedern für Kraftfahrzeuge und Rohrsystemen für Wasser- und andere Leitungen, ist es hilfreich ein direkt bildgebendes Verfahren zu nutzen, um Prüfzeiten auf ein Minimum zu reduzieren. Für die Mikrowellenprüfung wird als bildgebendes Prüfverfahren bisher fast nur das C-Scan-Verfahren verwendet. Hierbei wird die zu untersuchende Probe z.B. mäanderförmig abgefahren. Die Probe wird dabei punktuell geprüft, und daraus wird ein flächenhaftes Prüfergebnisse generiert. Der Hauptnachteil dieser Methode ist der große Zeitaufwand, wodurch letztlich hohe Kosten entstehen können. Hier werden nun die Grundlagen und einige Anwendungen eines direkt bildgebenden Verfahrens der Mikrowellenprüfung vorgestellt, das ursprünglich am französischen Forschungszentrum Onera entwickelt wurde. Dieses Prüfverfahren ist eine Durchstrahlung elektrisch isolierender Bauteile mit Mikrowellen, kombiniert mit einer thermischen Auswertung. Das zu untersuchende Bauteil wird dabei großflächig mit möglichst homogener Amplitudenverteilung mit Mikrowellen bestrahlt. An Inhomogenitäten im Bauteil werden diese unterschiedlich stark gedämpft bzw. reflektiert, und man erhält somit nach der Transmission durch das Bauteil eine Leistungsdichteverteilung entsprechend dem äußeren und inneren Aufbau des Prüfobjektes. Diese lateral ortsabhängige Verteilung der Mikrowellenleistungsdichte fällt auf einen Mikrowellen absorbierenden Film ein und erzeugt dort eine entsprechende laterale Temperaturverteilung. Diese wird nun mit einer Infrarotkamera sichtbar gemacht. Die Wärmeverteilung entspricht dann der äußeren Form und der inneren Beschaffenheit der Probe. Die entstehenden Bilder und Bildsequenzen ähneln Röntgenbildern; die Leistungsdichten liegen jedoch weit unterhalb der Grenzen für Personengefährdung. Prüfzeiten lassen sich so von Stunden auf Minuten verkürzen. Im Beitrag werden labormäßige EMIR-Untersuchungen von Kunststoffplatten mit diversen künstlichen Defekten zur Darstellung der gegenwärtigen Auflösungsgrenze beschrieben sowie auch Untersuchungen von WKA-Rotorblattteilen zum Verlauf von inneren Verklebungen.

EMIR: ein direkt bildgebendes Verfahren der Mikrowellenprüfung



Johann Hinken¹⁾ und Gregor Horst^{1) 2)}

¹⁾ FI Test- und Messtechnik GmbH

²⁾ Hochschule Magdeburg-Stendal

DGZfP-Jahrestagung 2013, Dresden, 6.-8. Mai 2013

1. Einleitung
2. Grundprinzip des EMIR-Verfahrens
3. Industrielle relevante Prüfbeispiele
4. Datennachbearbeitung
5. Schluß

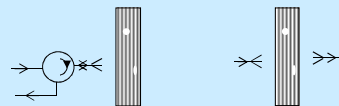
Grundprinzip der Mikrowellendefektoskopie:



Es werden die örtlichen Unterschiede in der Dielektrizitätszahl ϵ_R des transparenten Materials genutzt. ---> Brechung, Beugung und Reflexion, wie in der Optik.
---> Detektion von Fehlern wie Delaminationen, Fremdmaterialeinschlüsse, Stoßschäden usw.



zwei Prinzipien sind möglich:

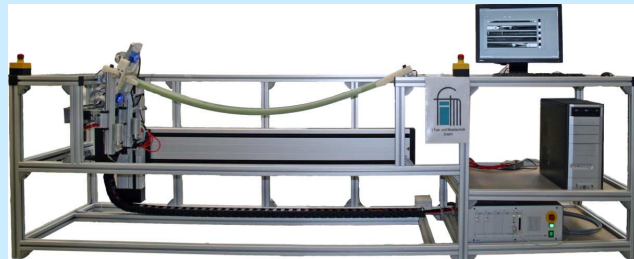


Reflexion und Transmission



Gerät für punktuelle Reflexionsprüfungen:
Flächenscan ist langwierig

Lineares Array bringt Zeitvorteile.
 Hier: 24-GHz-Transmissionsverfahren mit linearem
 Sende- und Empfangsantennenarray.
 Prüfung von 1,20 m langer GFK-Blattfeder in 40 sec.
 Ergebnisdarstellung als C-Scan.



Auf Display:



A B C D E

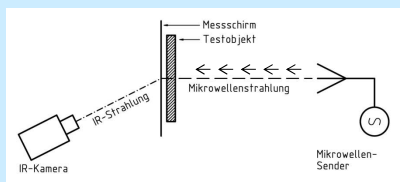
- A: Kunststoffolie 40 mm x 30 mm x 0,6 mm
- B: schräg liegender Draht, 0,25 mm Durchmesser
- C: Nut mit Breite/Tiefe 1,5 mm / 0,5 mm
- C: Nut mit Breite/Tiefe 1,5 mm / 1,0 mm
- C: Nut mit Breite/Tiefe 3,0 mm / 1,5 mm

b)

EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden Mikrowellenprüfung: Durchstrahlung mit Mikrowellen



EMIR (ElectroMagnetic InfraRed)
 Patrick Levesque, Daniel Balageas
 < 2003, ONERA (Office National
 d'Etudes et Recherches
 Aéronautiques)



Prinzipielle Anordnung

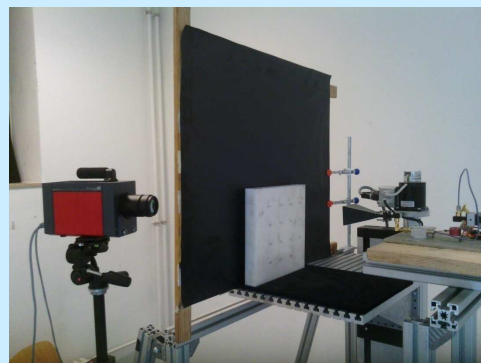


Foto EMIR-Aufbau

EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung,
verwendbare Antennen



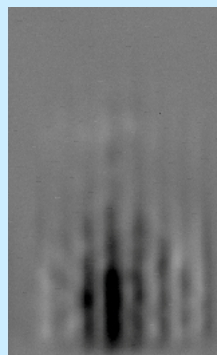
EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung



Erkennung von Rissen im Extrusionsprozess
von WPC-Terrassendielen.
WPC: wood plastic composite

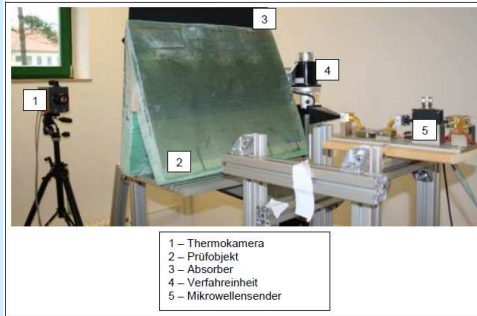


Diele mit Riss



EMIR-Bild im Rissbereich
Dauer der Aufnahme: ca. 4 Sekunden

EMIR-Verfahren zur Mikrowellenprüfung der Hinterkantenverklebung eines WEA-Rotorblattes

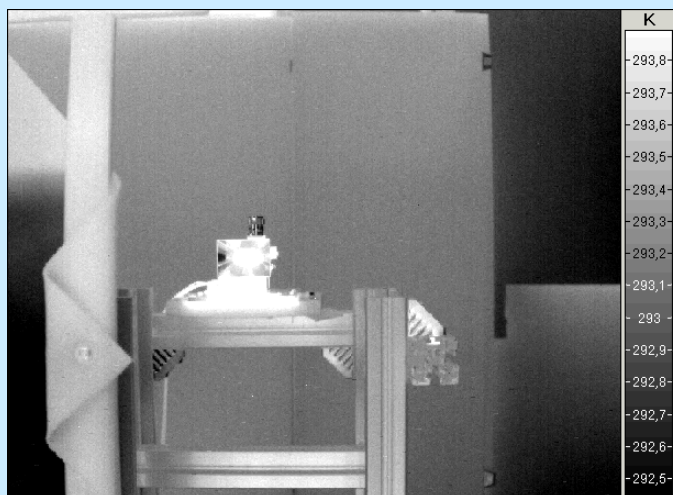


Prüfaufbau

EMIR-Aufnahme eines Probekörpers
mit künstlichen, verdeckten
Kleberverläufen

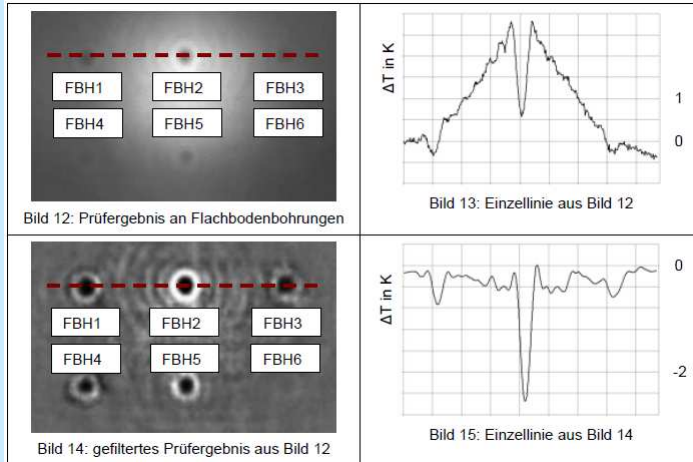


EMIR-Verfahren zur Mikrowellenprüfung der Hinterkantenverklebung eines WEA-Rotorblattes

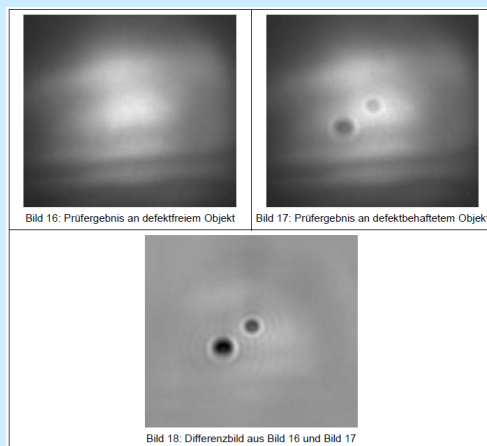


EMIR-Aufnahme
eines Probekörpers
mit künstlichen,
verdeckten
Kleberverläufen,
Kurzfilm

EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung,
Datennachbearbeitung: Hochpassfilterung, Erhöhung des
Kontrasts



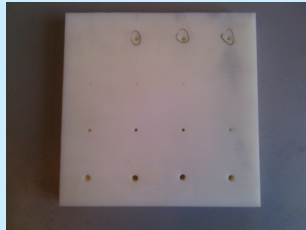
EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung,
Datennachbearbeitung: Differenzbildung zu Referenz



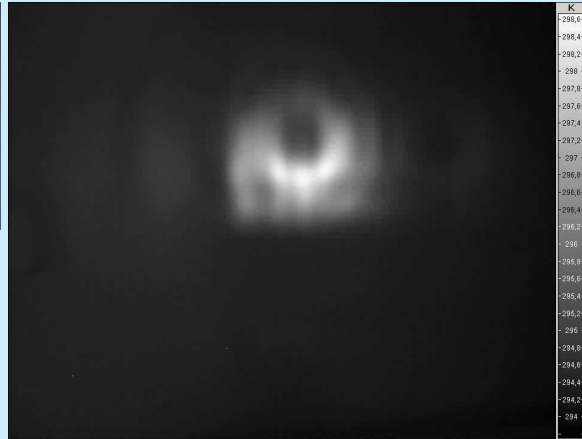
- Ziele:
- Unterdrückung des „Spots“
 - Erhöhung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses

Verdeutlichung des Prinzips an einer 10 mm starken PMMA-Platte ohne (Bild 16) und mit (Bild 17) zwei Münzen als „Defekt“ auf der Rückseite

EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung,
Datennachbearbeitung: Differenzbildung zu Referenz

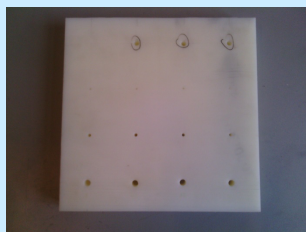


Polyamidplatte, 33 mm dick,
mit 4 Reihen von
Flachbodenbohrungen.
2. Reihe von oben mit
Durchmessern von 1 mm und
Bohrungslängen zwischen 15
und 30 mm. Untersuchungen
an der Reihe rechts außen.

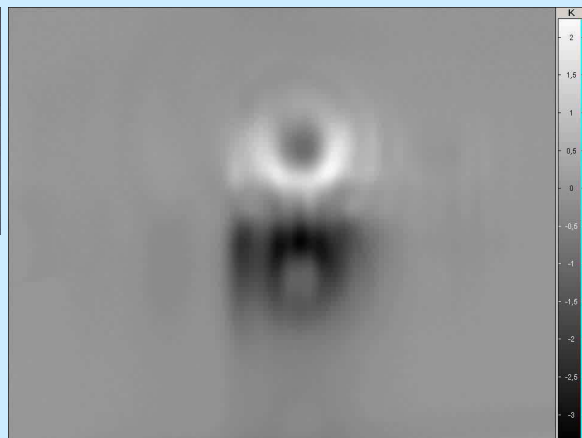


Ohne Differenzbildung, Kurzfilm

EMIR-Verfahren zur unmittelbar bildgebenden
Mikrowellenprüfung,
Datennachbearbeitung: Differenzbildung zu Referenz



Polyamidplatte, 33 mm dick,
mit 4 Reihen von
Flachbodenbohrungen.
2. Reihe von oben mit
Durchmessern von 1 mm und
Bohrungslängen zwischen 15
und 30 mm. Untersuchungen
an der Reihe rechts außen



Mit Differenzbildung, Kurzfilm

EMIR-Verfahren zur Mikrowellendefektoskopie



Vorteile: Im Gegensatz zu UT
kein Koppelmittel nötig, unmittelbar bildgebend
>>> Zeitvorteile
Im Gegensatz zu Röntgen usw. keine Sicherheitsmaßnahmen
erforderlich
Berührungslos möglich
Große Beobachtungstiefe

Nachteile: Nur bei Isolierstoffen einsetzbar
Nicht bei CFK einsetzbar
Transmissionsverfahren: beide Seiten müssen zugänglich sein

Hauptanwendungen:
Bei Kunststoffen, GFK, Keramik, Glas, Holz,...
Zur Erkennung von Fehlern wie Delaminationen,
Fremdmaterialeinschlüsse, Stoßschäden usw.

Die Autoren danken Herrn Stefan Götzte für Vorarbeiten in der EMIR-Entwicklung

Kontakt:

Johann Hinken
FI Test- und Messtechnik GmbH
Breitscheidstrasse 17
D-39114 Magdeburg, Germany

Tel.: +49 391 8868 129
Mobil.: +49 171 2053208
Email: johann.hinken@fitm.de
www.fitm.de