

Prüfung spezieller Nomex-Wabenstrukturen mit Mikrowellen

Johann H. HINKEN¹, Christian ZIEP¹
¹ FI Test und Messtechnik GmbH, Magdeburg

Kurzfassung

Für Leichtbau-Luftfahrtprodukte werden unter anderem Nomex-Wabenstrukturen verwendet, die mit Glashohlkugeln und Epoxidharz gefüllt sind. Für die vorgeschriebenen Prüfungen auf Lunkerfreiheit sind Röntgen-Techniken geeignet. Jedoch sind diese aufwendig und damit kostspielig. Die Mikrowellenprüfung erscheint als Kandidat für eine preiswertere Prüfmethode. Zur Bestätigung wurden an einem Musterbauteil Untersuchungen durchgeführt. – Es handelt sich um eine Nomex-Platte mit Querabmessungen von 250 mm x 80 mm und einer Dicke von 36 mm. Die Zellweite ist 4,8 mm, die Glashohlkugeln haben einen Außendurchmesser von 80 µm bis 100 µm. Neben Clustern von „natürlichen“ Fehlern enthält die Platte Sack-Bohrungen mit Durchmessern von 1,0 mm bis 2,0 mm und Überdeckungen von 14 mm bis 24 mm. Vorab wurden Tests mit diversen Antennen auf Hohlleiter- und Linsenbasis zwischen 24 GHz und 40 GHz durchgeführt. Hier wird über Reflexionsprüfungen mit einer Linsenantenne und Transmissionsprüfungen mit Hohlleiterantennen berichtet.

Bei den Reflexionsprüfungen mit einer Frequenz von 35 GHz und mit einer Linsenantenne wurde die Probe mäanderförmig von der durchgehend geschlossenen Seite abgetastet. Betrag und Phase des komplexen Reflexionsfaktors werden bei der Datenauswertung berücksichtigt. Für die optimale Darstellungen als C-Scan wurde der Projektionsphasenwinkel variiert. So konnten sämtliche bekannten und zuvor unbekannte Fehler erkannt werden. Es wird gezeigt, wie in Zweifelsfällen eine Betrachtung der örtlichen Umgebung der Anzeige in der Ebene des komplexen Reflexionsfaktors hilfreich sein kann.

Die Transmissionsprüfungen wurden bei 24 GHz und zwei offenen Rechteckhohlleitern als Sende- und Empfangsantenne durchgeführt. Auch hierbei waren die meisten Defekte zu erkennen. Jedoch wurde die Deutlichkeit durch Interferenzerscheinungen etwas reduziert.

Fazit: Die Eignung der Mikrowellenprüfung für die genannten Nomex-Wabenstrukturen wurde durch diese Tests bestätigt.

Prüfung spezieller Nomex-Wabenstrukturen mit Mikrowellen



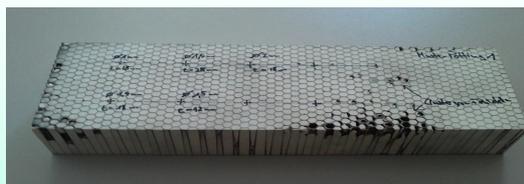
Johann Hinken, Christian Ziep
FI Test- und Messtechnik GmbH, Magdeburg

DACH Jahrestagung 2015
11. – 13. Mai 2015 in Salzburg

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Bauteil: Wabenplatte mit Füllung Prüfaufgabe als Machbarkeitsstudie: Vollständigkeit der Füllung feststellen



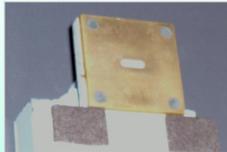
- Plattenmaße: 250 mm x 80 mm x 36 mm
- NOMEX®-Waben mit Zellweite 4,8 mm
- Füllung mit Epoxidharz und Glashohlsphären, Durchmesser von 80 µm bis 100 µm
- Anwendung in der Luftfahrttechnik
- „Natürliche“ Defekte: unvollständige Füllung
- Sackloch-Bohrungen mit Durchmesser/Restwandstärke(Länge) in mm:
 - oben von links: 1,0/18(18), 1,5/8(28), 2,0/18(18)
 - unten von links: 1,5/18(18) und 1,5/12(24)

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Sonden (Antennen) in der Mikrowellenprüfung



Koaxialsonde für höhere Ortsauflösung



Hohlleitersonde mit Blende für größere Beobachtungstiefen



Offener Hohlleiter und Linse für Beobachtungstiefen bis 60 mm

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

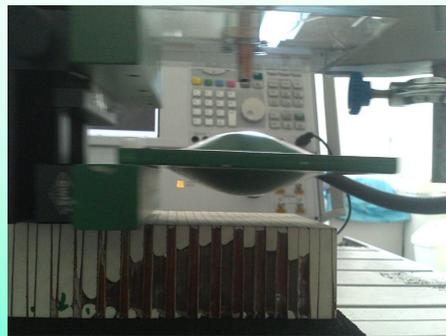
Prüfaufbau mit Linsenantenne und Mikrowellen-Netzwerkanalysator



Reflexionsverfahren:



Prüfaufbau mit Linsenantenne, Wabenplatte, Netzwerkanalysator und Verfahreneinrichtung



Details des Prüfaufbaus.
Von unten: Mikrowellen absorbierende Matte (schwarz), Wabenplatte, Linse, offener Hohlleiter als Primärstrahler.

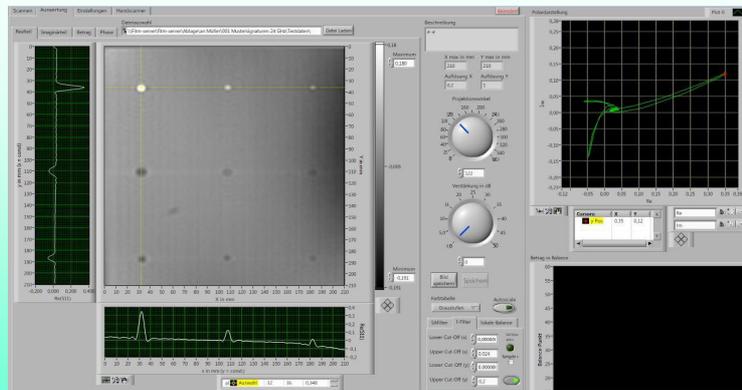
Transmissionsverfahren: offene Hohlleiter als Sende- und Empfangsantenne

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Bedien-Oberfläche des Programms Scanmaster3000 zur Mikrowellenprüfung



Beispiel:
 Prüffrequenz 24 GHz
 Reflexionsverfahren
 Polycarbonatplatte
 300mm x 300 mm
 4 mm dick
 Sackbohrungen mit
 Durchm./Restwandst.
 in mm
 5,0/0,0 3,0/0,0 2,0/0,0
 5,0/1,5 3,0/1,5 2,0/1,5
 5,0/3,0 3,0/3,0 2,0/3,0



Links: flächenhafte (C-Bild) und linienhafte Darstellungen von Betrag, Phase, Real- oder Imaginärteil

Mitte: Einstellungen von Projektionsphase, Verstärkung, Filterung, grau/farbig, usw.

Rechts: Verlauf des Reflexionsfaktors in komplexer Ebene entlang senkrechter Cursorlinie im C-Bild

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Transmissionsverfahren

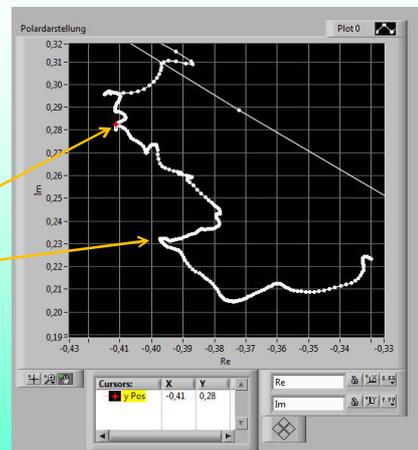


- Frequenz: 24 GHz
- S/E-Antennen:
offene Rechteckhohlleiter
- örtliches Tiefpassfilter in vertikaler Richtung > unterer Rand abgeschnitten

- erkannt: Bohrungen 1,5/8(28); 2,0/18(18); 1,5/18(18) und 1,5/24(12) sowie visuell erkennbare Cluster. Dazu Anzeigen von unbekannter Ursache.
- nicht erkannt: Bohrung 1/18(18)

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Detailuntersuchung im Verdachtsfall, Reflexionsfaktor in komplexer Ebene



Bohrung 1,0/18(18)

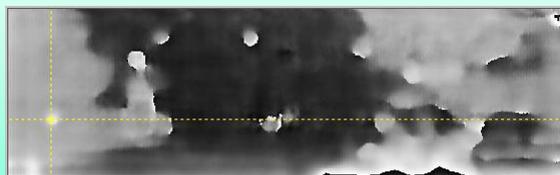
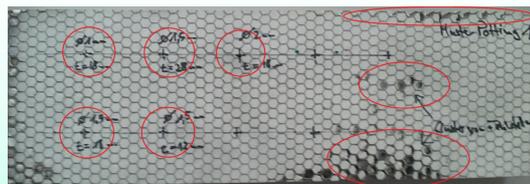
Bohrung 1,5/18(18)

Erkennbar werden Feinheiten zu den Anzeigen und weitere Unregelmäßigkeiten aus dem Inneren des Bauteils.

Verlauf des Reflexionsfaktors entlang grüner Linie

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Reflexionsverfahren, 40 GHz, Linsenantenne, Prüfung von nicht gebohrter Seite



Phasendarstellung mit weiteren gezielten Filtereinstellungen.
Sämtliche 5 Bohrungen werden erkannt.

1. Einleitung
2. Prüfaufbau
3. Prüfergebnisse
4. Schluss

Zusammenfassung, Schluss



- Bauteil: Wabenplatte, 36 mm dick, gefüllt mit Epoxidharz und Glashohlspähren
- Machbarkeitsstudie, Aufgabe: Unter Verwendung der Mikrowellenprüfung sind Fehlstellen in der Füllung zu finden.
- Ergebnis: sämtliche bekannten Fehlstellen wurden gefunden, dazu weitere vorher nicht bekannte
- Das Reflexionsverfahren gibt klarere Aussagen als das Transmissionsverfahren.
- Im Reflexionsverfahren: stärkere Anzeigen von näheren und voluminöseren Defekten
- Die Mikrowellenprüfung ist geeignet für die Prüfaufgabe. Für sie gibt es keine Sicherheitsbedenken wie bei der Durchstrahlungsprüfung.

Kontakt:

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

Tel.: +49 391 503894-31
Mobil.: +49 171 2053208
Email: johann.hinken@fitm.de
www.fitm.de