

Ultraschall-Lockin-Thermografie

Gruppe C

Uwe Popp, Marc Strafela, Karsten Hinselmann

Aufgabenstellung

Mittels Ultraschall-Lockin-Thermografie werden eine Stahlprobe, eine C-SiC-Probe und eine CFK-Probe auf Risse untersucht.

Messprinzip

Ultraschall-Lockin-Thermografie (ULT) ist kein kontaktfreies Messverfahren. Der Ultraschallprüfkopf wird je nach Festigkeit der Probe mit einem Druck von 2- 6 bar auf die Probe gepresst. Daraufhin wird der Körper mit einer Frequenz von 20kHz beschallt. Die Risse im inneren des Bauteils beginnen gegeneinander zu reiben und es entsteht Wärme. Der Effekt der dahinter steckt ist der Hystereseeffekt. Im Spannungs-Dehnungsdiagramm durchläuft die Probe die Hystereseschleife (Abb. 1). Die Fläche die von der Schleife eingenommen wird, ist die irreversibel in Wärme umgewandelte Arbeit. Um den Riss mit Hilfe einer Thermografiekamera erkennen zu können wird der Ultraschall mit einer tiefen Frequenz sinusförmig amplitudenmoduliert. Dadurch pulsiert die erzeugte Wärme. Die von dem Riss erzeugte Wärme emittiert eine thermische Welle.

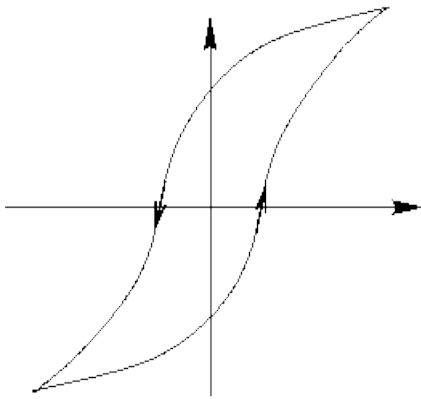


Abbildung 1: Hysterese [1]

Versuchsaufbau

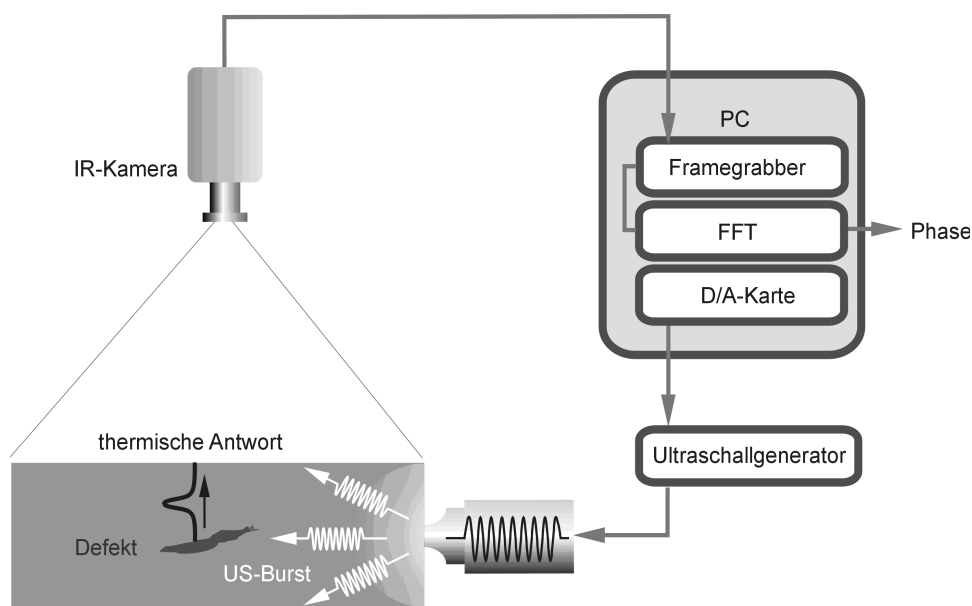


Abbildung 2: Versuchsaufbau ULT[2]

Die Probe wird Amplitudenmoduliert beschallt. Die Proben wurden mit maximal 12% der

Maximalamplitude beschallt. Gemessen werden die Phasenverschiebung zum Ausgangssignal, sowie die Amplitude der thermischen Wellen. Es werden daher bei jeder Messung ein Amplitudenbild und ein Phasenbild erstellt. In der Skizze ist nicht zu sehen, dass die Probe zwischen einem Teflonzylinder und dem Ultraschallprüfkopf eingespannt wird.

Messergebnisse

ULT einer Stahlprobe



Abbildung 3: Amplitudenbild der Stahlprobe



Abbildung 4: Phasenbild der Stahlprobe

Bei der Stahlprobe konnte bereits mit bloßem Auge ein Riss in der Mitte des Bauteils erkannt werden. Die Probe wird mit einer amplitudenmodulierten Frequenz von 20 kHz beschallt. Die Amplitude beträgt 12% der Maximalamplitude um genug Wärme im Bauteil zu erzeugen, es dabei aber nicht zu sehr zu deformieren. Das Amplitudenbild (Abb. 3) zeigt nur die Bereiche an, in denen Wärme erzeugt wurde. Hier sieht man das an der Einspannung Reibungswärme erzeugt wurde. In der Mitte des Bildes erkennt man zwei helle Punkte. Das sind die Risspitzen, die gegeneinander reiben. Da es sich um einen klaffenden Riss handelt, sind die Rissflanken zu weit auseinander, um aneinander reiben zu können. Beim Phasenbild hingegen sieht man an den Stellen, an denen kein Signal erscheinen sollte, wildes Rauschen. Nur die markanten Punkte, an denen Wärme erzeugt wurde, sind deutlich zu erkennen. Dort war die Phasenamplitude hoch genug, um einen Phasenbezug herstellen zu können.

ULT einer C-SiC-Probe

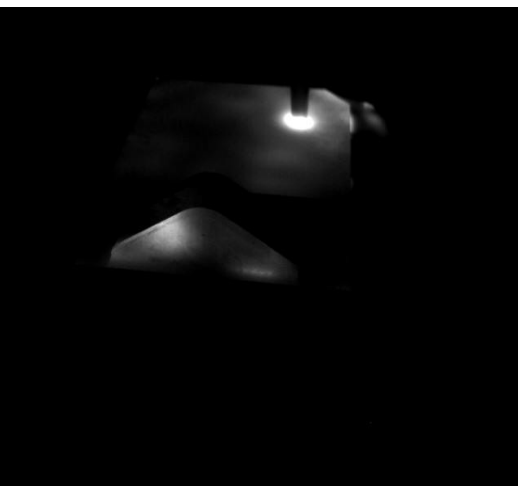


Abbildung 5: Amplitudenbild der C-SiC-Probe

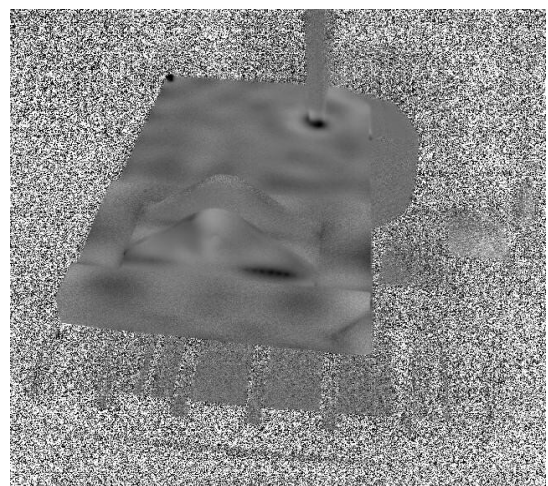


Abbildung 6: Phasenbilder der C-SiC-Probe

Die C-SiC Probe wird mit 9% der Maximalamplitude beschallt. Auch hier lässt sich der Defekt gut erkennen, da er hell aufleuchtet. Im Phasenbild sieht man hellere und dunklere Bereiche. An den Grenzlinien zwischen diesen Bereichen existieren Knotenpunkte. Dort schwingt die Probe nicht. Defekte in diesen Grenzlinien liegen, können nicht erkannt werden. Aus diesem Grund wird nicht nur Amplitudenmoduliert sondern auch, um die Knotenpunkte verschwinden zu lassen, Frequenzmoduliert. Die Frequenzmodulation erfolgt im Spektrum von 17 bis 23 kHz.

ULT einer CFK-Probe

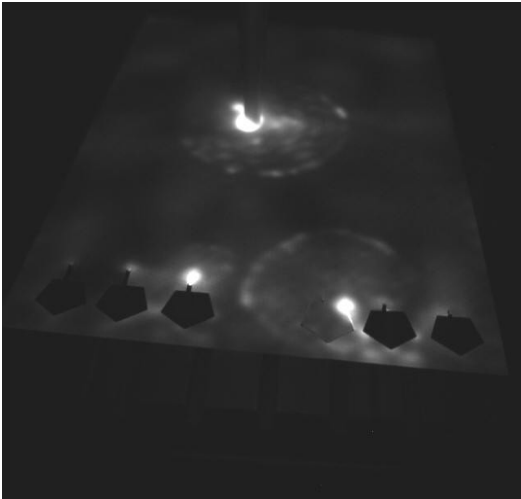


Abbildung 7: Amplitudenbild der CFK-Probe

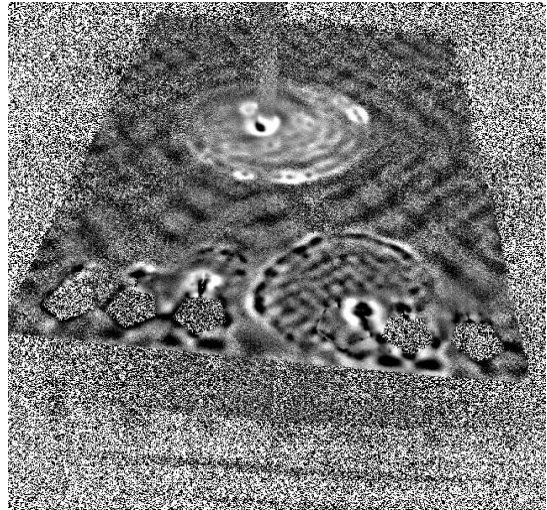


Abbildung 8: Phasenbild der CFK-Probe

Die CFK-Probe ist im Vergleich zu den anderen Proben sehr dünn. Sie wurde daher nur mit einem Druck von 2 bar eingespannt. Die Probe wird mit 12% Maximalamplitude beschallt. In Abb.7 sieht man schwarze Fünfecke in der Probe. An diesen Stellen wurde kleine Proben mittels Wasserstrahlschneider herausgeschnitten. Im Amplitudenbild sieht man deutlich die Anschüsse. An diesen Stellen reiben die Flächen stark aneinander. Zudem sind zwei Ringe zu erkennen. Deutlicher erkennt man sie im Phasenbild. Der obere Ring rührt von der Reibung zwischen Teflonzylinder und CFK-Platte, der untere Ring ist ein Zeichen für Delamination. Im inneren des Ringes befindet sich ein Teflonfünfeck welches nicht vollständig herausgeschnitten wurde. Durch die große Reibung zwischen den Flächen ist das Signal an der Stelle besonders stark.

Fazit

ULT ist eine gute Messmethode um geschlossene Risse zu erkennen. Die Bilder sind im Vergleich zur OLT deutlicher, da die thermische Welle nur den einfachen und nicht den doppelten Weg zurücklegen muss. Der große Nachteil der ULT ist, dass die Messung nicht kontaktfrei ist. Die Probe entspricht nach der Messung nicht mehr der Ursprünglichen. Da die ULT auf dem Hystereseeffekt beruht, können Hohlräume nicht erkannt werden. Dort reibt nichts aneinander. Diese sieht man im OLT besonders gut.

Quellen

- [1]<http://www.physik.uni-augsburg.de/~ferdi/fragen/hysteresse.gif> 18.02.09
- [2]<http://www.zfp.uni-stuttgart.de/lehre/Praktikum-ZfP-Thermografie-ULT.pdf> 18.02.09
- [3]Vorlesungsskript G.Busse „Zerstörungsfreie Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen“, WS 07/08.