

Thermografische Rissdetektion mit kaltem Gas in Werkstoffen mit niedrigem Emissionsgrad

Sergey LUGIN¹, Udo NETZELMANN¹

¹ Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

Kontakt E-Mail: udo.netzelmann@izfp.fraunhofer.de

Kurzfassung

In Automobilen werden immer mehr hoch beanspruchte Bauteile aus Aluminium eingesetzt, die oft sicherheitsrelevant sind und auf Oberflächenfehler wie Risse untersucht werden müssen. Gegenüber der Farbeindringprüfung wird hier ein neuer thermografischer Ansatz für die Detektion von Rissen, insbesondere in Metallen mit niedrigem Emissionsgrad, verfolgt. Ein unter Druck stehendes flüssiges Gas wird in einer linearen Bewegung über dem Prüfobjekt versprüht, dringt durch Kapillareffekte in den Riss ein und führt zu einer Abkühlung mit nachfolgender Wiedererwärmung. Es wurde herausgefunden, dass die Zeitprofile der Temperatur in der Nähe der Rissöffnung charakteristische Eigenschaften haben und sich vom Zeitprofil reiner Emissionsgradstörungen unterscheiden. Untersucht wurden Risse unterschiedlicher Tiefe in Aluminium und in Schmiedestahl. Druckgase in Sprühdosen erwiesen sich als günstig.

Es wurde weiterhin untersucht, ob sich die Ausbildung einer Reifschicht aus der Luftfeuchtigkeit durch ihren hohem Emissionsgrad förderlich für den Rissnachweis ist. Dies war jedoch nicht der Fall, da die Reifschicht sich nicht homogen, sondern inselartig und umgeben von flüssigem Gas ausbildet. Die Lebensdauer des Reifs hängt von den thermischen Materialeigenschaften ab und betrug etwa >20 s für PVC, 10 s für CFRP, 3 s für Zirkonoxid-Keramik und <1 s für ferritischen Stahl. Bei Aluminium war sie zu kurz für eine nutzbringende Auswertung.

Als eine Variante dieser Technik wurde das Eindringen leichtflüchtiger Flüssigkeiten in poröse Keramik untersucht. Dabei konnten mit Thermografie verborgene Fehler detektiert werden.

Als wesentlicher Vorteil des Verfahrens gegenüber der Farbeindringprüfung kann das automatische, rückstandsfreie Verdampfen des Gases bzw. der Flüssigkeit und dadurch die Durchführung der Prüfung in einem einzigen Schritt gesehen werden.

Thermographie-Kolloquium, Vortrag 15
Saarbrücken 28.9.2022



Sergey LUGIN, Udo NETZELMANN
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

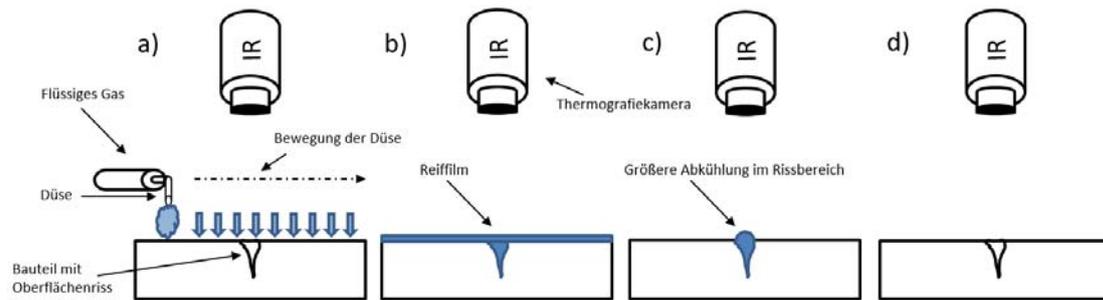
Thermografische Rissdetektion mit kaltem Gas in Werkstoffen mit niedrigem Emissionsgrad

Inhalt

- Prüfkonzzept
- Experimentelle Untersuchungen an einer Alu Komponente
- Analyse der Messdaten
- Erweiterte Untersuchungen
- Zusammenfassung und Ausblick

Prüfkonzept

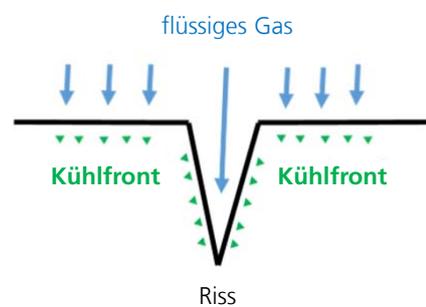
- Versprühen von flüssigem Gas
- Filmbildung (Druck oder Kapillareffekt)
- Eindringen in das Rissvolumen
- Rückstandsfreie Verdampfen des Gases



Seite 3

Prüfkonzept

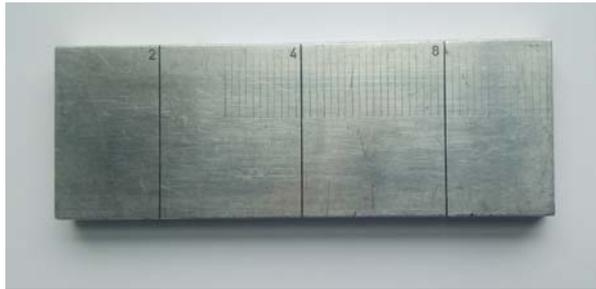
- Versprühen von flüssigem Gas
- Filmbildung (Druck oder Kapillareffekt)
- Eindringen in das Rissvolumen
- Rückstandsfreies Verdampfen des Gases



Seite 4

Experimentelle Untersuchungen

- Aluminiumplatte mit künstlichen Rissen von 2 und 4 mm Tiefe
- Flüssiges Gas - Kältespray „KÄLTE 75“, eine Mischung von 75-100 Tetrafluoroethan und 5-10 Dimethylether
- Die Sprühdüse mit einem Durchmesser von 0,5 mm deckt eine Testfläche von ca. 1 cm² ab
- Der Prüfvorgang wurde mit 150 Bildern pro Sekunde aufgezeichnet (IR Kamera - 2 bis 5 µm, 320x256 Pixel)



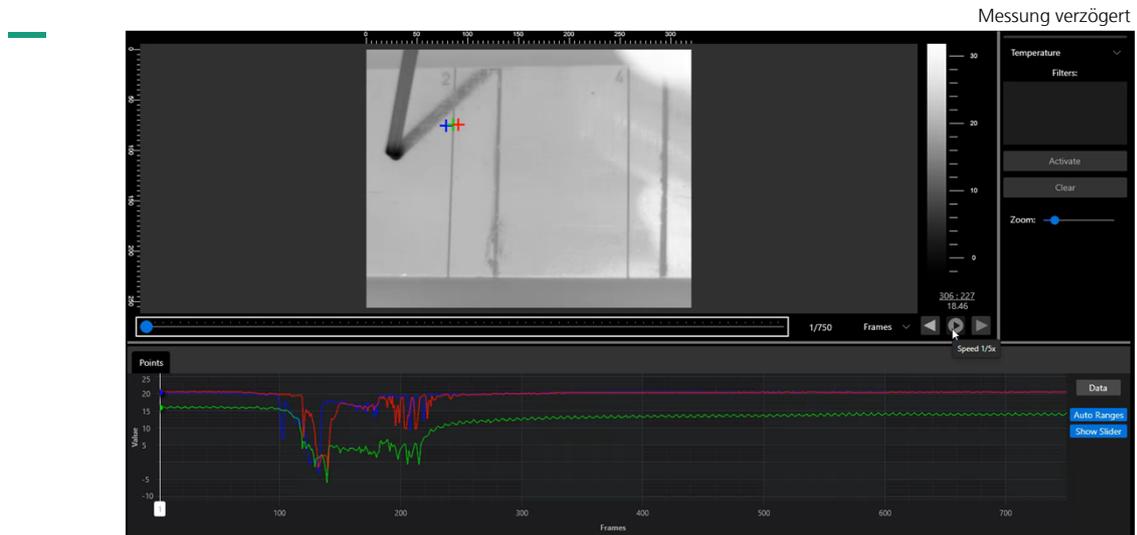
Seite 5

Experimentelle Untersuchungen



Seite 6

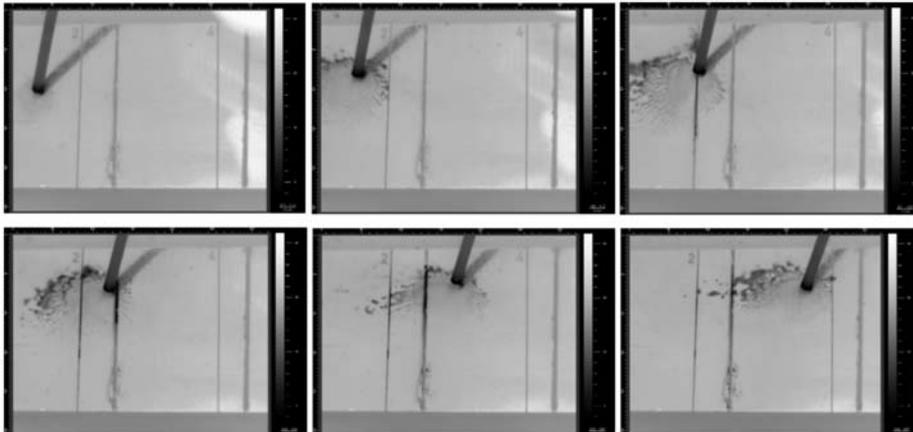
Experimental investigations



Seite 7

Experimental investigations

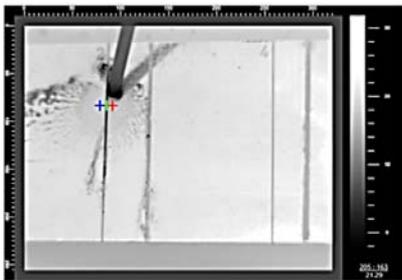
- Prüfung der Aluminiumplatte mit dem flüssigen Gas, Infrarotbildsequenz



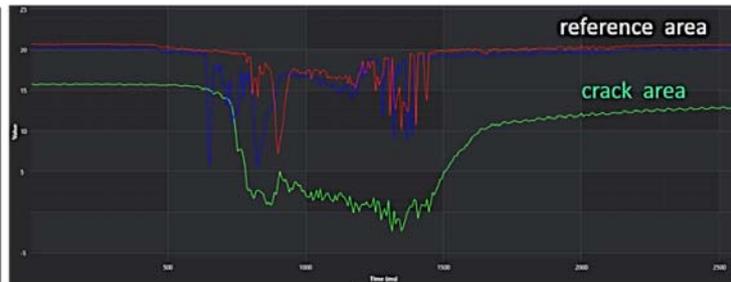
Seite 8

Analyse der Messdaten

- Temperaturverlauf neben dem Riss (rote und blaue Kurven)
- Temperaturverlauf am Riss (grüne Kurve)
- Steigung als Unterscheidungsmerkmal zur Erkennung von Rissen



Infrarotbild

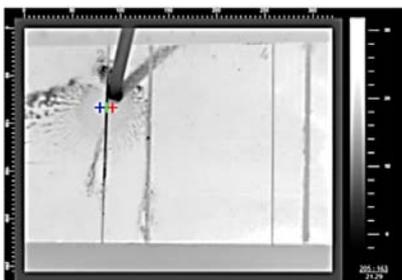


Temperaturkurven in den Referenzbereichen und über dem Riss

Seite 9

Analyse der Messdaten

- Temperaturverlauf neben dem Riss (rote und blaue Kurven)
- Temperaturverlauf am Riss (grüne Kurve)
- Steigung als Unterscheidungsmerkmal zur Erkennung von Rissen



Infrarotbild

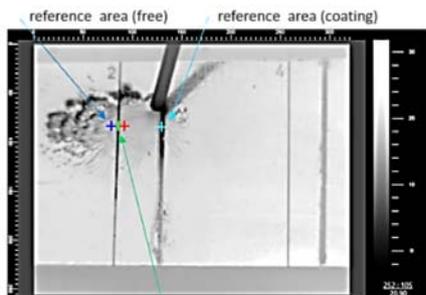


Temperaturkurven in den Referenzbereichen und über dem Riss

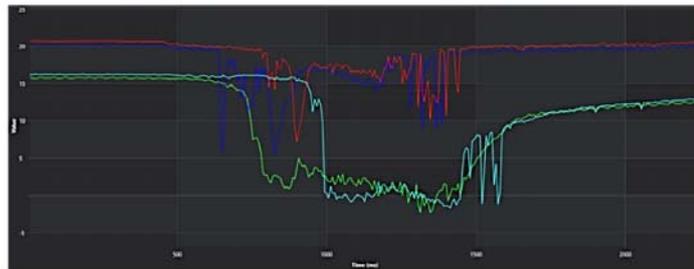
Seite 10

Analyse der Messdaten

- Temperaturverlauf neben dem Riss (rote und blaue Kurven)
- Temperaturverlauf am Riss (grüne Kurve)
- Temperaturverlauf am dünnen Streifen mit höherem Emissionsgrad (cyanfarbige Kurve)



Infrarotbild

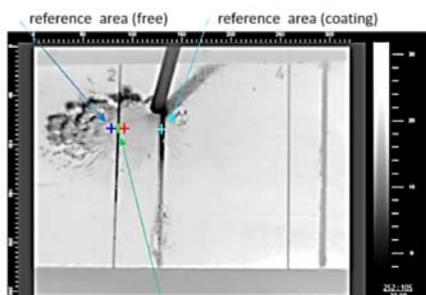


Temperaturkurven in Referenzbereichen, am Riss und an einem Streifen mit höherem Emissionsgrad

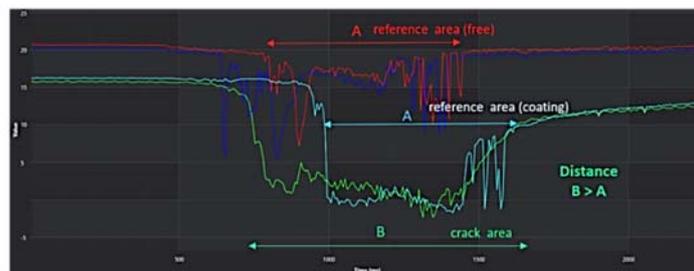
Seite 11

Analyse der Messdaten

- Temperaturverlauf neben dem Riss (rote und blaue Kurven)
- Temperaturverlauf am Riss (grüne Kurve)
- Temperaturverlauf am dünnen Streifen mit höherem Emissionsgrad (cyanfarbige Kurve)



Infrarotbild

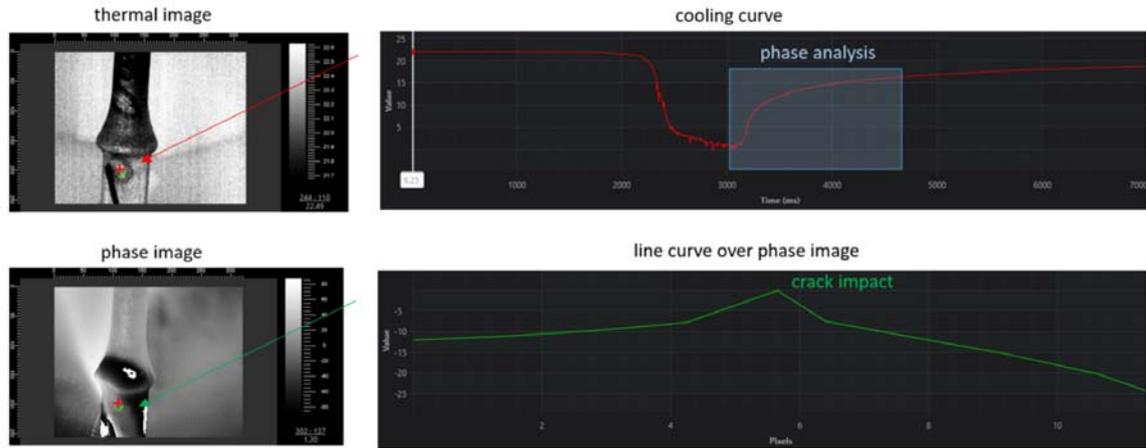


Temperaturkurven in Referenzbereichen, am Riss und an einem Streifen mit höherem Emissionsgrad

Seite 12

Erweiterte Untersuchungen

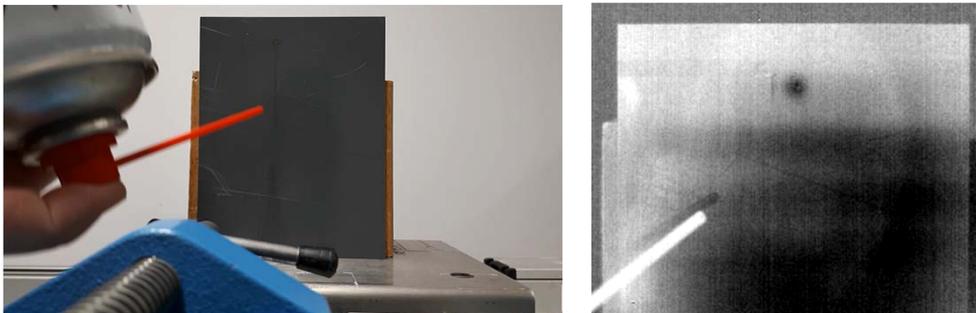
- Prüfung des geschmiedeten Bauteils (Stahl)



Seite 13

Erweiterte Untersuchungen

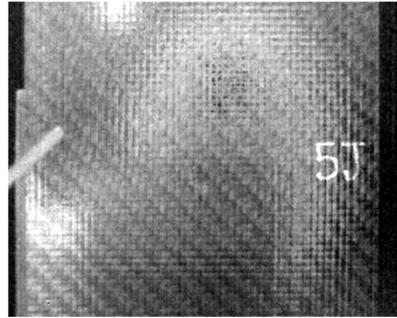
- PVC Platte
- Ausbildung einer Reifschicht



Seite 14

Erweiterte Untersuchungen

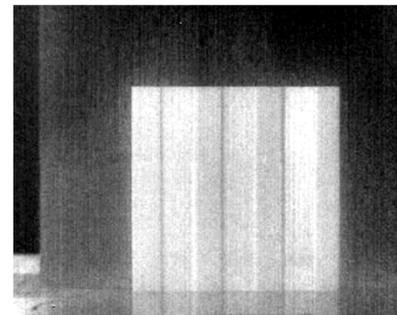
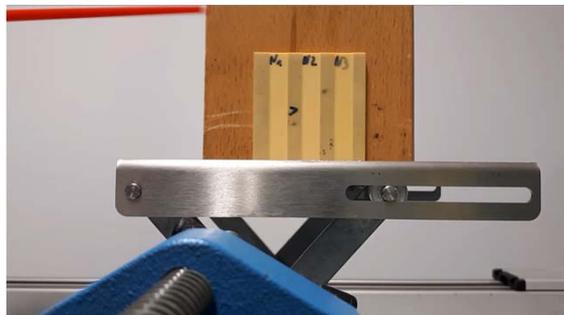
- CFRP Plate
- Ausbildung einer Reifschicht



Seite 15

Erweiterte Untersuchungen

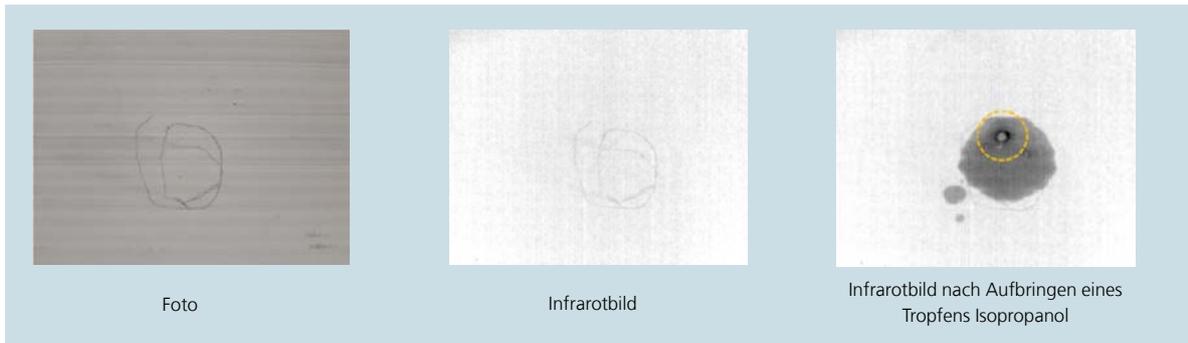
- Zirkonoxid-Keramik
- Ausbildung einer Reifschicht



Seite 16

Erweiterte Untersuchungen

- Nachweis eines verborgenen Fehlers in poröser Aluminiumoxid-Keramik
- Prüfung mit Isopropanol



Seite 17

Zusammenfassung und Ausblick

- Neue Technik zum Nachweis von Oberflächenrissen in Metallen mit geringem Emissionsgrad wurde untersucht
- Das flüssige Gas wird in einer linearen Bewegung unter Druck über dem Prüfobjekt versprüht
- Die Temperaturverlaufskurve weist Unterscheidungsmerkmale zur Erkennung von Rissen auf
- Die Bildung einer Reifschicht verläuft unterschiedlich je nach Wärmeleitfähigkeit des Prüfobjekts
- Rückstandsfreie Verdampfung des Gases oder der Flüssigkeit, keine Reinigung erforderlich

Ausblick

- Vollautomatische, robotergestützte Prüfung von komplexen Komponenten
- KI-basierte Analyse der Messdaten

Seite 18



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



- Lassen Sie uns Kontakt halten!
- info@izfp.fraunhofer.de
- www.izfp.fraunhofer.de