Programm
zur Herbstsitzung der DGM / DVM - AG Materialermüdung
am 5. November 2020 (Corona-bedingt in virtueller Form)

10:15 – 10:20

U. Krupp (RWTH Aachen), G. Biallas (HAW Hamburg)
Begrüßung

10:20 – 10:45

„Virtueller Zwilling: von der Laser-Peening-Prozesssimulation zur Ermüdungsrisswachstums-vorhersage“

Sören, Keller [1]*, Nikolai Kashaev [1], Benjamin Klusemann [2]
[1]Institut für Werkstoffforschung, Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Deutschland
[2]Institut für Produkt- & Prozessinnovation, Leuphana Universität Lüneburg, Deutschland

Das Laser-Peening (LP)-Verfahren wird dazu verwendet die Ermüdungseigenschaften von metallischen Strukturen durch das gezielte Einbringen von Druckeigenspannungen zu verbessern. Insbesondere das Verlangsamen des Ermüdungsrisswachstums wird im Sinne einer schadenstoleranten Konstruktionsphilosophie angestrebt, welche z.B. in metallischen Flugzeugrumpfstrukturen Anwendung findet. Die Mechanismen, welche den verlangsamen oder beschleunigend sind nicht vollständig bekannt. Zudem werden zuverlässige Simulationen für eine Prozessoptimierung benötigt. Diese Präsentation zeigt den Aufbau einer Simulationskette [1] bestehend aus (i) der LP-Prozesssimulation [2], (ii) der Übertragung von plastischen Verformungen in ein Simulationsmodell einer C(T)-Probe, (iii) der Berechnung der Spannungsintensitätsfaktoren und (iv) der Abschätzung der Ermüdungsrissgeschwindigkeit. Dieser ganzheitliche virtuelle Zwilling erlaubt die Bewertung von LP-Strategien basierend auf der resultierenden Ermüdungsrissgeschwindigkeit, sowie die Untersuchung der Mechanismen, welche zur Verlangsamung und Beschleunigung des Ermüdungsrisses führen. Die Verlangsamung des Risses wird maßgeblich durch Rissschließung beeinflusst, was mit der Bruchflächenanalyse und Rissöffnungskurven experimentell unterstützt wird [3]. Abschließend wurde unter anderem die Übertragbarkeit der Simulationskette auf weitere Leichtbaulegierungen beispielhaft in [4,5] gezeigt.

10:45 – 11:10

“The Influence of Laser Shock Peening on Fatigue Properties of AA2024-T3 Specimens with a Fastener Hole”

R. Sikhamov[1], F. Fomin[1], B. Klusemann[1,2], N. Kashaev[1]
[1]Institute of Materials Research, Materials Mechanics,
Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht, Germany
[2]Institute of Product and Process Innovation, Leuphana University of Lüneburg,
Universitätsallee 1, D-21335 Lüneburg, Germany

As the fatigue performance of airframe structures is an extremely important aspect for the safety of the aircraft, different techniques were developed to improve the fatigue performance of fastened joints such as cold expansion, interference fitting and laser shock peening (LSP) [1-2].
The aim of the present study is to evaluate the effect of LSP on the fatigue behaviour of AA2024-T3 specimens with a fastener hole and to investigate the possibility of healing already existing cracks using LSP. For this purpose, initial fatigue cracks of different lengths were generated within the specimens with a fastener hole. Deep compressive residual stresses were introduced into the specimens by

applying LSP to both specimen surfaces. Depth-resolved residual stress profiles were obtained by using the incremental hole drilling technique. Five groups of specimens were investigated: (1) specimens with a faster hole, (2)-(4) specimens with an initial fatigue crack at the fastener hole of three different lengths 1.0 mm, 1.8 mm and 2.5 mm with LSP treatment, and (5) specimens with a fastener hole without an initial fatigue crack and with LSP treatment. A Weibull plot displays the experiments results. The results show that LSP has a positive effect regarding the fatigue life improvement in the specimens with a fastener hole. LSP is also applicable for healing fatigue cracks, but the effect strongly depends on the initial crack length. Frequency graphs and the Weibull plot were utilized to estimate the effect of LSP on fatigue life periods. The results of the present study clearly demonstrate the significant benefits and high potential of the LSP technique for fatigue life extension of specimens with a fastener hole.

11:10 – 11:35

„HR-QTM – höchstauflösende quantitative Thermographie: Strategien zur Ermittlung der Ermüdungsfestigkeit“

Florian Schäfer, Jan Rosar, Michael Marx / Univ. Saarbrücken

Die quantitative Thermometrie wird seit Jahren erfolgreich bei einer Vielzahl von Materialien eingesetzt, um das Schädigungsverhalten bei der Materialermüdung zu charakterisieren. Ein Fokus der Arbeiten lag hierbei im Bereich der Zeitfestigkeit. Dabei ermöglicht die QTM unter Nutzung von Thermistoren oder bei geeigneter Filterung von Messdaten einer IR-Kamera einen klareren Blick auf den Beginn von Materialschädigung im Laststeigerungsversuch. Die Grenzen der HR-QTM wurden untersucht, ebenso ihre Anwendbarkeit auf verschiedene Materialien.

11:35 – 12:00

“Effect of microstructural inhomogeneity of brazed AISI304L/NiCrSiB joints due to holding time on the corrosion fatigue behaviour”

J. L. Otto[1], M. Penyaz[2], A. Schmiedt-Kalenborn[1], A. Ivannikov[2], B. Kalin[2], F. Walther[1]
[1] TU Dortmund University, Department of Materials Test Engineering, Dortmund, Germany
[2] NRNU MEPhI, Centre Nuclear Systems and Materials, Moscow, Russia

Vacuum-brazed nickel-based joints are often subject to cyclical loads in corrosive environments and the microstructure of the brazed seam, which is determined by the alloy composition and the parameters of the brazing process, is essential for the service life. In this study, a modified BNi-5a foil was produced and used to braze cylindrical AISI 304L butt joints with two different holding times. It could be shown by energy dispersive spectroscopy that the longer holding time led to a reduction of borides and silicides. Also a more uniform micro-hardness profile through the seam was observed. The effect on corrosion fatigue properties was evaluated by multiple amplitude tests in synthetic exhaust gas condensate. For the more homogeneous microstructure an improved corrosion fatigue and cyclic deformation behaviour was achieved. Afterwards, topography and cross-sectional investigations of the fracture surfaces enabled an understanding of the microstructure-dependent damage mechanisms.

12:00 – 13:00 Mittagspause

13:00 – 13:25

„Restaustenitstabilität carbonitrierter Stähle unter Hertzscher Belastung“

Prof. Dr.-Ing. habil. Brigitte Clausen
Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien – IWT / Bremen

Im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung wurde anhand unterschiedlich carbonitrierter Stähle untersucht, ob und, falls dies der Fall ist, wann es unter mechanischer Beanspruchung im Hertzschen Kontakt zu einer Restaustenitumwandlung carbonitrierter Werkstoffzustände kommt.
Zunächst wurden für vier Lagerwerkstoffe Carbonitrierbehandlungen entwickelt, um definierte Gefüge einzustellen. Die mechanische Prüfung der Zustände erfolgte im ersten Versuchsteil anhand von Scheibenproben, die mit einer Kugel jeweils unterschiedlich hoch statisch belastet wurden. Dieser einfache Kugel-Scheibe-Druckversuch sollte auch überprüfen, ob eine solche Methodik in der Lage ist die Ergebnisse der komplexeren und vor allem aufwändigeren dynamischen Bauteilprüfung hinsichtlich der mechanischen Restaustenitstabilität tendenziell abzubilden. Im zweiten Versuchsteil wurden zur Korrelation der Ergebnisse Innenringe zweier Werkstoffe unter Mischreibungsbedingungen überrollt.

13:25 – 13:50

„Untersuchung der Kurzrissausbreitung in einem martensitischen Federstahl“

Anna Wildeis[1*], Hans-Jürgen Christ[1], Robert Brandt[1]
[1]Universität Siegen, Institut für Werkstofftechnik

Die Ermüdung von metallischen Werkstoffen kann allgemein in die drei aufeinanderfolgenden Phasen Rissinitiierung, Kurzrissausbreitung und stabile Langrissausbreitung eingeteilt werden. Dabei ist insbesondere die Kurzrissausbreitung von besonderer Bedeutung, da sie zusammen mit der Rissinitiierung im Zeitfestigkeitsbereich bis zu 90% der Lebensdauer ausmachen kann. Um die zugrundeliegenden Mechanismen der Ermüdungsschädigungsentwicklung in dieser wichtigen Phase der Ermüdung in einem martensitischen Federstahl zu untersuchen, werden in-situ Ermüdungsversuche unter uniaxialer Belastung an einer selbst entwickelten Miniaturprüfmaschine in Kombination mit einem konfokalen Laser-Scanning-Mikroskop durchgeführt. Dabei sollen die Rissinitiierungsrate und die Kurzrissausbreitung beobachtet werden. Weiterhin soll mit Hilfe der Elektronenrückstreubeugung der Einfluss der vorliegenden martensitischen Mikrostruktur auf die Kurzrissausbreitung analysiert werden.

13:50 – 14:15

„Ermüdung karbidreicher Werkzeugstähle“

Lennart Scholl / RWTH Aachen University, Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau (IWM)

Hochfeste, karbidreiche Werkzeugstähle unterliegen einem vielseitigen Anforderungsprofil, wobei die häufige Verwendung als Schneid-, Kaltumform- und Kunststoffformwerkzeug die dominierenden Anforderungskriterien hohe Härte, ausreichend gute Zähigkeit sowie hoher Verschleiß- und Korrosionswiderstand vorgibt. Über die chemische Zusammensetzung sowie über die Herstellungsroute und folgende Wärmebehandlung (Gefügevariation) lässt sich die schwierige Balance zwischen den unterschiedlichen Anforderungen für den individuellen Anwendungsfall realisieren, wobei erfahrungsgemäß ein Kompromiss eingegangen werden muss.
Auf Grund der kontinuierlichen Weiterentwicklungen im Bereich der Werkzeugstähle sind mittlerweile Verschleiß oder Korrosion oft nicht mehr lebensdauerbestimmend und bei gewünschten Standzeiterhöhungen richtet sich der Fokus auf ein bisher eher unbedeutendes Kriterium: die Schwingfestigkeit von karbidreichen Werkzeugstählen.
Dabei fehlt es zur Zeit noch an experimentellen Untersuchungen und einer ausreichenden statistischen Absicherung von Schwingfestigkeitswerten. Es existieren weder in der DIN EN ISO 4957 noch in der

FKM-Richtlinie auslegungsrelevante Bemessungsgrößen oder Werkstoffkennwerte zur Werkzeugauslegung.
Eine sachgerechte Werkzeugauslegung nach Ermüdungskriterien würde in einer effizienteren Werkstoffausnutzung und einer optimierten Lebensdauereinschätzung und -vorhersage resultieren sowie eine gezielte Werkstoffweiterentwicklung nach Ermüdungskriterien erlauben. Außerdem könnte zukünftig eine statistisch abgesicherte, umfangreiche Datenbasis an statischen und zyklischen Werkstoffkennwerten für die zu untersuchenden Werkzeugstähle in Auslegungswerke und Normen überführt und zur Bauteilauslegung verwendet werden.

14:15 – 14:40

„Schwingfestigkeitsabschätzung für mehrachsig beanspruchte, karbidreiche Werkzeugstähle mit der Quadratischen Versagenshypothese (QVH)“

Francisco Voss / RWTH Aachen University, Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau (IWM)

Kaltarbeitswerkzeuge unterliegen im realen Betrieb oft mehrachsigen, schwingenden Beanspruchungen, unter denen eine Abschätzung oder Vorhersage der Werkzeugstandzeiten schwierig ist. Außerdem werden mittlerweile auf Grund von Verschleißoptimierungen die zyklischen Beanspruchungen bei Kaltarbeitswerkzeugen zunehmend lebensdauerbestimmend.
Diese zyklischen Beanspruchungen sind oft nicht-proportionale, synchrone oder asynchrone, mehrachsige Belastungen, für die erweiterte, angepasste Versagenshypothesen zur Lebensdauerabschätzung benötigt werden (QVH, SIH ...). Eine vielversprechende Versagenshypothese in diesem Kontext ist die von El-Magd und Troost entwickelte "Quadratische Versagenshypothese (QVH)", die explizit auch für nicht-proportionale, mehrachsige Belastungen Anwendung findet.
Zur Lebensdauerabschätzung unter mehrachsiger Druck-Torsion-Belastung soll ein anwendbares Programmskript mit MATLAB für die QVH entwickelt werden, um die zeitlich variierenden Spannungstensoren aller Integrationspunkte einer Prüfgeometrie aus einer FEM-Simulation einlesen und weiterverarbeiten zu können. Über die QVH wird mit Hilfe des Programmskriptes das Versagenspotential F_V berechnet.
Zum Vergleich der theoretischen Schwingfestigkeitsabschätzung nach QVH mit experimentellen Werten sollen zylindrische und komplex gekerbte, werkzeugähnliche Probenkörper aus 1.2379 PM und 1.3345 PM unter mehrachsiger, nicht-proportionaler Beanspruchung an einer zweiachsigen Schwingprüfmaschine geprüft werden.

14:40 – 14:45

U. Krupp, G. Biallas

Abschluss; nächste Sitzung