

Gruppe

ERMÜDUNGSVERHALTEN UND BRUCHMECHANIK

Dr. Michael Luke | Telefon +49 761 5142-338 | michael.luke@iwm.fraunhofer.de

Dr. Igor Varfolomeev | Telefon +49 761 5142-210 | igor.varfolomeev@iwm.fraunhofer.de

AUTOMATISIERTE DEFEKTAUSWERTUNG MITTELS KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE

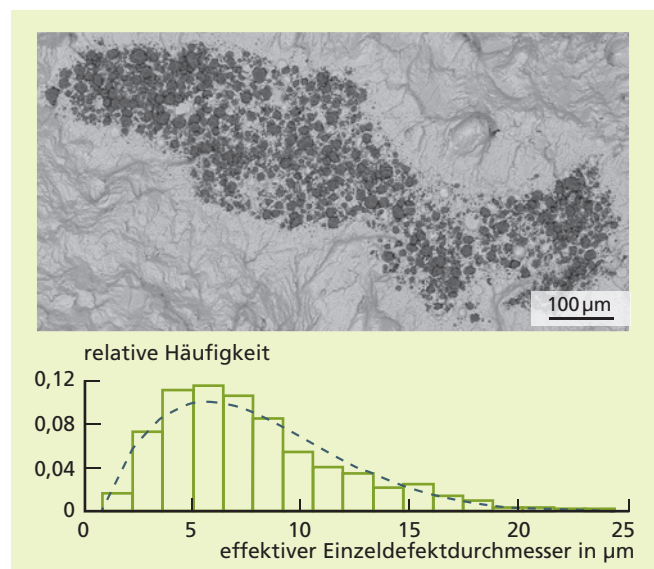
Die Lebensdauer von Bauteilen wird durch das Vorliegen von Materialdefekten teilweise stark beeinträchtigt. In vielen Fällen handelt es sich dabei um Defektfelder, die aus mehreren Einzeldefekten, beispielsweise nichtmetallischen Einschlüssen, bestehen. Um eine statistisch abgesicherte Lebensdauerprognose für Bauteile abzuleiten, bei deren Herstellung vergleichbare Werkstoffe und Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen, werden einerseits Informationen über die Größe von Defektfeldern und andererseits über deren Morphologie herangezogen. Während die Ausdehnung eines Defektfelds mit herkömmlichen zerstörungsfreien Prüfverfahren ermittelt werden kann, erfordert die Bestimmung der Größe der Einzeldefekte und der Abstände zwischen ihnen einen beträchtlichen personellen Aufwand. Dieser kann durch automatisierte Bilderkennung und den Einsatz von Künstlichen Neuronalen Netzen (KNN) signifikant reduziert werden.

Semantische Segmentierung mithilfe von KNN

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und der Siemens AG geförderten Vorhabens erfolgten Ermüdungsfestigkeitsversuche an Proben mit Defekten. Dabei wurde einerseits die Lebensdauer der Proben in Abhängigkeit von der Größe der jeweiligen Defektfelder untersucht und andererseits die Defektmorphologie anhand von automatisierten Bruchflächenanalysen bestimmt. Mithilfe von Materialkontrastbildern wurden Defektfelder teilweise in hunderte Einzeldefekte aufgelöst (Abbildung 1 oben). Zur Detektion der Einzeldefekte wurde die semantische Segmentierung in Kombination mit faltenden neuronalen Netzen herangezogen. Die erstellten Materialkontrastbilder wurden anschließend zum Trainieren, Testen und Validieren des KNNs genutzt, wobei die Segmentierungsgenauigkeit unter Einsatz von Algorithmen des

maschinellen Lernens weiter verbessert wurde. Auf Basis der vorhergesagten Masken wurden anschließend Einzeldefektgrößen sowie Abstände zwischen Defekten statistisch ausgewertet. Abbildung 1 (unten) zeigt exemplarisch die Häufigkeitsverteilung von effektiven Durchmessern der Einzeldefekte sowie deren Anpassung mit einer statistischen Verteilungsfunktion. Die ermittelte Defektstatistik dient als Input für numerische Simulationen der Rissnukleation an Einzeldefekten sowie als Input für die Simulation der Entstehung eines makroskopischen, das Defektfeld umschließenden Makrorisses.

Ali Aydin, Dr. Igor Varfolomeev



1 Kontrastbild mit Defektfeld aus hunderten Einzeldefekten (oben); Häufigkeitsverteilung von Einzeldefektdurchmessern mit dreiparametrischer Weibull-Verteilung (gestrichelte Linie).