



1

EINFLUSS DES LASERSTRAHLSCHNEIDENS AUF DIE SCHWINGFESTIGKEIT

DIE AUFGABE

Das Laserstrahlschneiden stellt wegen der hohen Materialausnutzung, Schnittgeschwindigkeiten und Flexibilität sowie der geringen Materialdeformation im Bereich der Schnittkante ein hoch effizientes Verfahren dar. Gleichwohl kommt es mit zunehmender Blechdicke zur Ausbildung eines signifikanten Oberflächenreliefs auf der Schnittfläche und durch den thermischen Eintrag im Material zu mikrostrukturellen Veränderungen im oberflächennahen Bereich (Abb. 2). Bei nicht ausreichend angepasster Einstellung der Schneidparameter erstarrt ein Teil des ansonsten durch das Schneidgas ausgetriebenen Schmelzgutes an der unteren Schneidkante und bildet dort eine makroskopische Kerbe in Form einer Gratanhftung aus.

Zur Herstellung von Bauteilen, die einer statischen und/oder zyklischen mechanischen Belastung ausgesetzt sind und eine sicherheitsrelevante Funktion übernehmen, kommt das Verfahren deshalb bisher nicht zur Anwendung. Die Mikro- und Makrokerben der Schnittkante führen zu einer lokalen Span-

nungsüberhöhung und beeinflussen die Schwingfestigkeit im Bereich der klassischen Dauerfestigkeit.

Wärmeeinflusszone an der Schneidkante



2

Derzeit liegen keine experimentellen Daten vor, die eine zuverlässige Abschätzung des Einflusses von Oberflächenrelief und Gratanhftung beim Laserstrahlschneiden auf die Festigkeit erlauben. Hier setzen die Forschungsarbeiten des Fraunhofer IWS Dresden an.

UNSERE LÖSUNG

Zur Bestimmung des Einflusses des Laserstrahlschneidprozesses auf die Schwingfestigkeit wurden Wechselverformungsversuche für verschiedene Schnittqualitäten an Blechen aus dem metastabilen Austenitstahl 1.4301 durchgeführt. Mit dem Laserstrahlschneiden lässt sich der Werkstoff zeit- und kostengünstig bearbeiten. Die geometrischen und metallurgischen Veränderungen an der Schnittkante werden u. a. durch die Ausbildung hochschmelzender Oxidphasen an der Oberfläche beeinflusst, die ihrerseits durch die Legierungszusammensetzung bestimmt werden. Eine Prozessoptimierung zur Verbesserung der Schwingfestigkeit setzt voraus, dass die Wechselwirkung zwischen geometrischer Unstetigkeit (Gratbildung), Härtegradient (infolge Wärmeeintrag u. Gefügeumwandlung) und Einfluss der Oberflächenqualität verstanden ist.

Eine besondere Herausforderung bei der Charakterisierung der Schwingfestigkeit laserstrahlgeschnittener Proben liegt in der vergleichsweise großen Streuung der Versuchsergebnisse. Zurückführen lässt sich das vor allem auf die stark zerklüftete Oberflächenstruktur der Schnittkante. Diesem Umstand begegnet man am IWS durch eine ausreichend hohe Anzahl an Versuchsergebnissen. Das lässt sich jedoch nur durch die am IWS verfügbaren Hochfrequenz-Ermüdungsprüfstände in einem zeitlich vertretbaren Rahmen realisieren (Abb. 3).

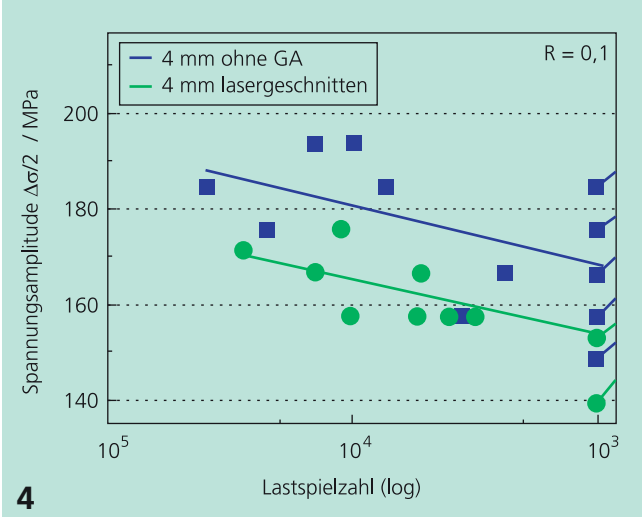


ERGEBNISSE

In Abhängigkeit von der Blechdicke stellen sich verschiedene Oberflächenrauheiten auf der Schnittkante ein. Dies spiegelt sich unmittelbar in den erzielbaren Schwingfestigkeiten wider. Die Ermüdungsversuche wurden im Zugschwellbereich durchgeführt, da die Bruchflächen bei dieser Beanspruchungsart in der Regel einen eindeutigeren Schluss auf die rissauslösenden Merkmalsgrößen zulassen. Für eine Grenzlastspielzahl von $N = 10$ Mio. bei einer 50-prozentigen Ausfallwahrscheinlichkeit variiert die Schwingfestigkeitsamplitude der lasergeschnittenen Proben bei Blechdicken von 2 bis 6 mm zwischen 154 und 166 MPa. Die Rissinitiierung geht hierbei in der Regel von der Gratanhftung aus (Abb. 5), die in ihrer geometrischen Gestalt nahezu einem technischen Anriss gleich kommt.

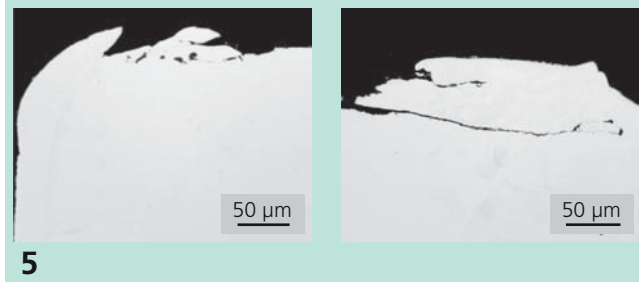
Um den Optimierungsprozess des Schneidprozesses zu simulieren, wurde in einer weiteren Versuchsreihe mit einem 4 mm dicken Blech nach dem Laserschneiden die versagenskritische Gratanhftung abgearbeitet, so dass nun lediglich noch das Oberflächenrelief und die Wärmeinflusszone wirksam werden konnten. Diese Maßnahme führte zu einer Erhöhung der zulässigen Schwingfestigkeit um ca. 10 Prozent (siehe Abb. 4).

Schwingfestigkeit von lasergeschnittenen Ermüdungsproben aus dem Werkstoff 1.4301 mit und ohne Gratanhftung (GA)



Im Rahmen der hier präsentierten Voruntersuchungen zum Einfluss einer Laserschneidkante auf die Schwingfestigkeit von Blechen aus 1.4301 kam erstmalig ein neuer Hochfrequenz-Ermüdungsprüfstand eines Schweizer Prüfmaschinenherstellers zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um einen Resonanzpulsationsprüfstand, der sogenannten Gigaforte, welche Versuche bei einer Prüffrequenz von rund 1000 Hertz erlaubt.

Gratanhftungen an der Schneidkante



Das bisher so nicht am Markt verfügbare Prüfstandskonzept erlaubt aufgrund der realisierbaren Prüffrequenz eine signifikante Reduzierung von Prüfzeiten. Grenzlastspielzahlen bis 100 Mio. Lastwechsel können nun in circa 1 bis 2 Tagen erreicht werden. Bisher waren derartige Laufzeitverkürzungen nur durch die innovative, aber auf limitierte Probengeometrien beschränkte Ultraschall-Ermüdungsprüftechnik möglich, die ebenfalls am IWS zum Einsatz kommt.

- 1 Laserschmelzschnitten
- 3 1000-Hz Resonanzpulsationsprüfstand

KONTAKT

Prof. Dr. Martina Zimmermann

+49 351 83391 3573

martina.zimmermann@iws.fraunhofer.de

