

Werkstofforientierte Optimierung der additiven Fertigungsprozesskette zur Fußfestigkeitssteigerung 3D-gedruckter Zahnräder

Die additive Fertigung (eng.: Additive Manufacturing, AM), insbesondere von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen, nimmt neben der zerspanenden Fertigung (z.B. Fräsen, Schleifen) und der umformenden Fertigung (z.B. Schmieden, Biegen) eine wichtige Rolle in der Herstellung hochbelasteter Komponenten ein. AM bietet eine Flexibilität bei der geometrischen Bauteilgestaltung, geringe Rüstzeiten insbesondere bei kleinen Losgrößen und geringe Werkzeugkosten. Das Ziel des FVA-Forschungsvorhabens 759 II (AVIF A311) „Werkstofforientierte Optimierung der additiven Fertigungsprozesskette zur Fußfestigkeitssteigerung 3D-gedruckter Zahnräder“ war die Ermittlung des Zusammenhangs von Pulverwerkstoffeigenschaften, Prozessparametern und den resultierenden Bauteileigenschaften für die additive Fertigung von Zahnrädern aus dem Einsatzstahl 16MnCr5. Hierfür sollte das additive Fertigungsverfahren Laser Powder Bed Fusion (LPBF) hinsichtlich des Potenzials zur Prozess- und Bauteiloptimierung untersucht und die resultierende Bauteilqualität (bspw. Oberflächenrauheit und Bauteilmaßhaltigkeit) in den Stand der Technik insbesondere gegenüber der konventionellen Zahradfertigungskette eingeordnet werden. Die Ziele des Projektes wurden im Projektverlauf in sechs Arbeitspaketen (AP) erreicht.

Zuerst wurde eine Methode zur Charakterisierung und Qualitätskontrolle von Pulverwerkstoffen entwickelt. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden folgende Verfahren angewendet: nasschemische Analyse, REM/EDX, Fließfähigkeitsanalyse, Korngrößenverteilung, Schüttdichte sowie Feuchtigkeitsanalyse. Diese wurden in der Projektlaufzeit insgesamt drei Mal durchgeführt, um mögliche Veränderungen des Pulvers, beispielsweise durch Effekte des LPBF-Prozesses oder bei der Pulveraufbereitung, zu untersuchen. Veränderungen in der Pulverqualität wurden dabei nicht detektiert. Anschließend erfolgte die Entwicklung und Optimierung der LPBF-Prozessparameter. Die Zielgrößen der Optimierung waren zunächst relative Dichte, Fehlstellenverteilung und Konturgenauigkeit, welche die Haupteinflussgrößen auf die Zahnfußtragfähigkeit darstellen. Die Parameter wurden anhand von Prüfquadern verifiziert. Nach der Analyse des Bauteilverzuges der Verzahnungen wurde in Bezug auf die bisher genannten Zielgrößen die produktivste LPBF-Prozessparameterkombination ausgewählt, um Prüfradvarianten für die Schleifbarkeits- und Zahnfußtragfähigkeitsuntersuchungen zu fertigen. Dabei war die Zahnfußgeometrie Gegenstand der Variation. Zur Untersuchung der Schleifbarkeit erfolgte die Hartfeinbearbeitung aller Prüfradvarianten sowie der konventionellen Referenzvariante auf einer Profilschleifmaschine des WZL unter Ermittlung der jeweiligen Schleifparametersätze für das erstmalige Auftreten einer Schleifbrandschädigung des Werkstoffgefüges. Bei keinem der anschließend auf dem Pulsatorprüfstand hinsichtlich Zahnfußtragfähigkeit untersuchten Zahnräder konnte Schleifbrand detektiert werden. Im Vergleich zur schmelzmetallurgischen Referenz wurde eine geringere Zahnfußtragfähigkeit detektiert. Dennoch konnte verifiziert werden, dass Verzahnungen mit einer formoptimierten Zahnfußkontur (LPBF-C) eine um ca. 28% höhere Zahnfußtragfähigkeit als Verzahnungen mit wälzgefräster Kontur (LPBF-A) erzielen. Innerhalb einer Fertigungscharge traten trotz gleichbleibend hoher Pulverqualität und konstanter Prozessparameter große Streuungen der Bauteilqualität in Abhängigkeit von der Position im Bauraum der LPBF-Anlage auf. Diesbezüglich wurden zusätzliche Stichversuche

mit modifizierten Prozessparametern durchgeführt, wodurch eine weitere Steigerung der Zahnfußtragfähigkeit der LPBF Verzahnungen zur Folge hatte. Eine Gesamtübersicht der Mittelwerte der Doppelamplitude $2 \cdot F_A$ sämtlicher Varianten ist in Bild 1 dargestellt.

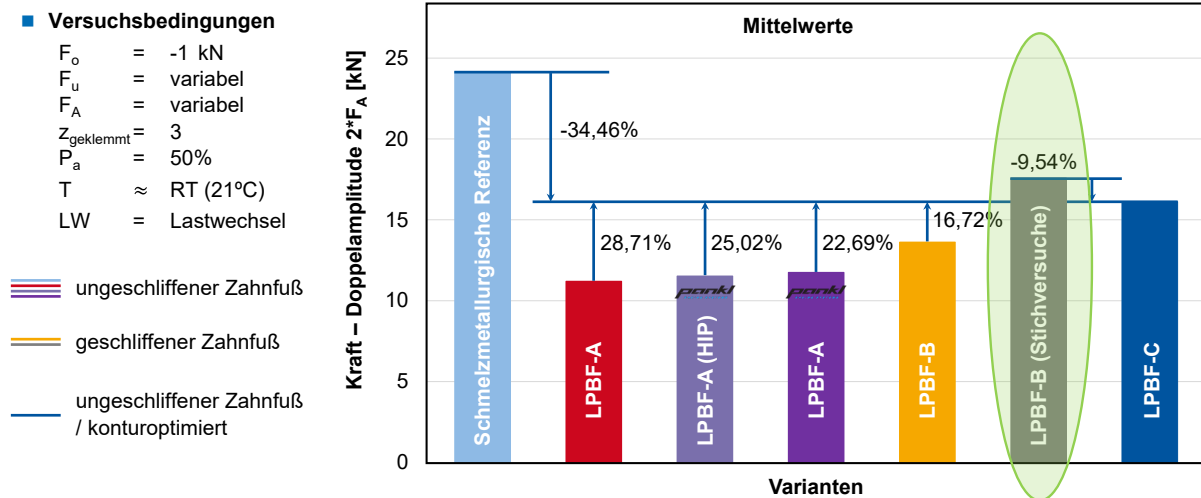


Bild 1: Durchschnittlicher Mittelwert der Doppelamplitude $2 \cdot F_A$ sämtlicher Verzahnungsvarianten

Autoren: **Lukas Klee, M.Eng.**

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren
Abteilung Getriebetechnik

Tim Lantzsch, M.Sc.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)
Abteilung Laser Powder Bed Fusion

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Henrik Schenk
T 069- 66 03-1127

Das Projekt 759 II der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über die Forschungsvereinigung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen und Metall verarbeitenden Industrie e.V. (AVIF) finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an

neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.