

Untersuchungen zur mechanischen Zuverlässigkeit sowie zum Schädigungsverhalten von additiv gefertigten TiAl6V4 Gitterstrukturen

Strukturierte Zusammenfassung

vorgelegt von *Wiebke Radlof*

Zur Gewährleistung einer sicheren Anwendung additiv gefertigter Gitterstrukturen, z.B. in der Medizintechnik, ist das Verständnis über deren mechanische Eigenschaften und insbesondere deren Versagensverhalten unerlässlich. Nur unter Kenntnis der Grenztragfähigkeit und der Ermüdungsfestigkeit dieser Gitterstrukturen ist eine sichere Auslegung, beispielsweise von porösen Implantaten, bei einer allgemeinen Belastung möglich. Während sich die Untersuchungen bisher vorrangig auf den axialen Druckfall konzentrierten, ist das Wissen im Falle einer Biege- und Torsionsbelastung jedoch noch sehr lückenhaft. Zusätzlich sind die Gegebenheiten der lokalen Verformungs- und Schädigungsmechanismen, sowohl unter quasi-statischer als auch zyklischer Beanspruchung, kaum erforscht worden.

Ziel dieser Arbeit war es daher, das globale Grenztrag- und Ermüdungsverhalten additiv gefertigter Titangitterstrukturen unter Berücksichtigung lokaler Schädigungsvorgänge bei einer allgemeinen Belastung zu untersuchen und numerisch zu simulieren. Dafür wurden im Rahmen dieser Arbeit Druck-, Biege- und Torsionsversuche unter quasi-statischer und zyklischer Beanspruchung durchgeführt und die mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit der untersuchten Gitterdesignvarianten dargestellt. Zusätzlich wurde das *Johnson-Cook* Schädigungsmodell angewandt, um das Verformungsverhalten der Gitterstrukturen numerisch abzubilden.

Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die strukturellen Eigenschaften der Gitterstrukturen, wie relative Dichte und Stegbreite, deren mechanische Eigenschaften beeinflussen. Für jede Belastungsart konnte beispielsweise eine Abhängigkeit der Steifigkeit, der maximalen Tragfähigkeit und der Ermüdungsfestigkeit von der relativen Dichte nachgewiesen werden. Auch das Schädigungsverhalten ist durch die Geometrie der Gitterstrukturen vorgegeben. Hierbei zeigte sich eine vorrangige Abhängigkeit von der Einheitszellenform und weniger von der relativen Dichte. Aus den experimentellen und numerischen Untersuchungen dieser Arbeit geht außerdem hervor, dass die fertigungsbedingten Abweichungen das mechanische Verhalten der Gitterstrukturen maßgeblich beeinflussen. Entsprechend wichtig ist eine detaillierte Abbildung der tatsächlichen Geometrie, um neben den mechanischen Eigenschaften auch das lokale Versagensverhalten in Übereinstimmung mit den Experimenten abzubilden. Allerdings konnten die mechanischen Eigenschaften und insbesondere das Verformungsverhalten der Gitterstrukturen mit dem hier ermittelten Material- und Schädigungsmodell gut abgebildet werden.

Im Fazit ist festzuhalten, dass die experimentellen und numerischen Untersuchungen wichtige Erkenntnisse für das mechanische Verhalten und insbesondere der lokalen Schädigungsvorgänge von additiv gefertigten Gitterstrukturen unter Druck-, Biege- und Torsionsbelastung geben und damit die Grundlage für eine schadenstolerante Auslegung beispielsweise von porösen Implantaten darstellen.