

## Abstract

Cellular steels are promising materials that have great potential for use in lightweight constructions and energy absorption applications. In this study, failure observations of such sintered foams (316L and 310) were investigated from the submicron to the macroscale. Due to the imperfect production method, sintered steel foams possess closed cell walls (closed pores), edge defects and microporosities, large powder particles, and oxides in the strut microstructure. DIC strain field observations showed that the closed cell walls blocked the formation of deformation bands or cell collapse, thereby causing an increase in the strength of the steel foams. FEM simulations of hollow struts revealed that the stress concentration at the re-entrant corner of the strut leads to crack initiation. Furthermore, micropores in the microstructure of hollow struts result in a sudden failure of rods. Additionally, crack propagates through the interconnected micropores between the large powder particle and steel matrix. Because of the high density of powder particles, the crack path is blocked and deflected to the micropores where stress is relaxed. Increasing pore fractions in the microstructure of steel foam struts embrittle the struts and decrease the strain hardening coefficient of the foams. This leads to a decrease in the energy absorption capacity, but an increase in the energy absorption efficiency. Observations suggest that tuning the microstructural features can improve the energy absorption properties of the steel foams, which can result in a perfect absorber.

## **Kurzfassung**

Zellulärer Stahl ist ein vielversprechendes Material mit großem Potential zur Verwendung im Leichtbau und in der Energieabsorption. In dieser Arbeit wurden Fehlerbeobachtungen von derartigen gesinterten Schaumstoffen (316L und 310) im Submikron- und Makrobereich angestellt. Aufgrund des fehlerhaften Herstellungsprozesses besitzen gesinterte Stahlschaumstoffe geschlossene Zellwände (geschlossene Poren), Kantendefekte, Mikroporosität, große Pulverpartikel und Oxiden in der Mikrostruktur der Stegmaterialien. Die Beobachtung des DIC Dehnungsfelds hat gezeigt, dass die geschlossenen Zellwände die Bildung des Deformationsbands oder Zellkollaps blockiert haben, was wiederum eine Erhöhung in der Festigkeit von Stahlschaumstoffen zur Folge hatte. FEM-Berechnungen von hohlen Stegen haben gezeigt, dass die Spannungskonzentrationen an der einspringenden Ecke zu Rissbildung führen. Zusätzlich verursachen Mikroporen in der Mikrostruktur von hohlen Stegmaterialien plötzliches Versagen. Darüber hinaus breitet sich der Riss durch die miteinander verbundenen Mikroporen zwischen den großen Pulverpartikeln und der Stahlmatrix immer weiter aus. Aufgrund der hohen Dichte von Pulverpartikeln wird der Riss blockiert und auf die Mikroporen verlagert, wo Spannung abgebaut wird. Die sich ausbreitenden Porenfraktionen in der Mikrostruktur der Stahl-Stegmaterialien verspröden die Stegmaterialien und verringern den Kaltverfestigungskoeffizient der Schaumstoffe. Das führte zur Abnahme beim Energieaufnahmevermögen, aber zu einer Erhöhung der Energieeffizienz. Die Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Änderung der mikrostrukturellen Merkmale die Energie-Absorptionseigenschaften von Stahlschaumstoffen verbessern können, was wiederum zu einem idealen Absorber führen kann.