

DISS. ETH Nr. 20301

Formgebungs- und Stabilisierungsparameter  
für das Konstruktionsverfahren  
der FiDU-Freien Innendruckumformung von Blech

Abhandlung zur Erlangung des Titels  
Doktor der Wissenschaften der ETH Zürich

vorgelegt von

Oskar Zieta  
Dipl.-Ing. Architekt, TU Stettin (PL)  
geboren am 3. Mai 1975  
von Zielona Góra, Polen

Angenommen auf Antrag von

Referent: Prof. Dr. Ludger Hovestadt  
ETH Zürich, Departement für Architektur,  
Institut für Technologie in der Architektur, Professur für CAAD

Korreferent: Prof. Dr. Pavel Hora  
ETH Zürich, Departement Maschinenbau & Verfahrenstechnik,  
Institut für virtuelle Produktion, Professur für CAAD

2012

## **Zusammenfassung:**

Die vorliegende Dissertation beschreibt ein neuartiges Verfahren der Blechbearbeitung mit dem Namen: Freie Innendruckumformung (FiDU). Damit wird eine Weiterentwicklung, der in der Automobilindustrie etablierten Innenhochdruck-Umformung (IHU) beschrieben.

Die Methode verzichtet auf jede Form spezifischer Umformwerkzeuge und wird dabei mittels der Geometrie des Zuschnitts (2D-Kontur), des verwendeten Werkstoff, des Innendrucks und der Deformationszeit gesteuert. In der langjährigen interdisziplinären Forschung hat sich herausgestellt, dass der Einsatz von Laserschneid- und Laserschweissanlagen als universelles Trenn- und Verbindungsverfahren, den idealen Produktionsschritt zur Vorbereitung der FiDU Elemente darstellt. Es ergibt sich eine Bearbeitungsmethode, die die Freiheiten und das Potenzial des Laserschneidens und –schweissens konsequent auch im Umformungsprozess fortführt. Diese ermöglicht komplexe, nichtlineare Deformationen und ist besonders für Kleinserien geeignet.

Die auf die Eigenarten des Werkstoffs Blech abgestimmten Verformungen des Materials, führen zu einer bislang nicht mit ihm in Verbindung gebrachter Formensprache und eröffnen Architektur und Design damit eine neue Perspektive auf diesen Werkstoff.

Besondere Herausforderungen werden dabei an die konforme Formgestaltung, die Formgenauigkeit und an die Verbindungstechnik gestellt. In Experimente und mit Erkenntnissen aus ersten Serienfertigungen konnte gezeigt werden, dass sich FiDU Elemente durch besonders geringe Stückkosten, eine ausreichende Formgenauigkeit und Wiederholbarkeit und durch hohe Leistungsgewichte auszeichnen. Sie belegen, dass die Freie-Innendruckumformung eine interessante Erweiterung, der bekannten Umformmethoden für die konstruktiven und gestalterischen Möglichkeiten in Architektur, Design und Ultraleichtbau, ist.

In dieser Dissertation werden die geometrischen, technischen und materialbedingten Parameter für die Formgebung mittels FiDU-Technologie simuliert, analysiert und an realen Konstruktionen geprüft.

**Abstract:**

This thesis describes a modern method of metal sheet deformation and stabilisation techniques with the name: Free Internal Pressure Forming (German: Freie Innendruckumformung - FiDU). This is the further development of the already established Hydroforming Process (IHU) used in the automotive industry. The method does not require any specific forming tools and is determined by means of the geometry of the edge (2D-contour), the material used, the internal pressure and the deformation time. The long-term interdisciplinary research has proven that the use of laser cutting and laser welding machines as a universal cutting and joining processes is the ideal production step for the preparation of FiDU-elements. The result of the research is a modern processing method that pursues the potential of laser cutting and welding consistently in the forming process. This allows complex and non-linear deformations and is suitable particularly for small series. The on the characteristics of the metal sheet based deformations of the material lead to a so far not known form language and open new perspective on this material for architecture and design.

Particular challenges were posed to the accordant form design, accuracy of the form and the connection method. In the experiments and in the first serial production has been proven that FiDU-elements characterize particularly low unit costs, a sufficient form accuracy and repeatability and high power to weight ratio. They have proven that the Free Internal Pressure Forming is an interesting development of the already known forming methods for the constructive and creative alternatives in architecture, design and ultra-light constructions. In this thesis the geometric, technical and material-related parameters for the design in the FiDU- technology will be simulated, analyzed and tested on real constructions.