

English version below

**Additiv hergestellte Werkzeuge mit lokaler
Innenkühlung zur Produktivitätssteigerung
beim Aluminium-Strangpressen**

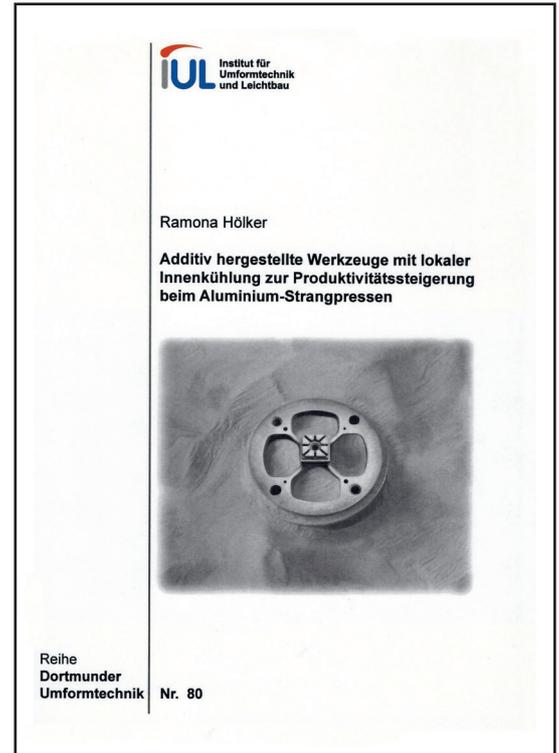
Ramona Hölker

Reihe Dortmunder Umformtechnik - Band 80

Shaker Verlag

ISBN: 978-3-8440-3149-2

Sprache: Deutsch



Zusammenfassung

Beim Strangpressen von Aluminiumlegierungen können mit zunehmender Pressgeschwindigkeit und der damit verbundenen Erhöhung der Werkstücktemperatur Oberflächenfehler wie Heißrisse und grobes Korngefüge entstehen. Der Arbeitsbereich wird hierdurch eingeschränkt. Die lokale Werkzeuginnenkühlung bietet ein großes Potenzial zur Steigerung der Produktivität beim Aluminium-Strangpressen. Mit steigender Geometriekomplexität des zu fertigenden Strangpressprofils bzw. -werkzeugs ist das Einbringen von der Werkzeugkontur folgenden, oberflächennahen Kühlkanälen mittels konventioneller Fertigungsverfahren nicht möglich. Der Einsatz von Rapid-Tooling-Verfahren stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Überwindung dieser Problematik dar, ist jedoch im Bereich der Warmmassivumformung noch nicht umfassend untersucht.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung neuartiger Strangpresswerkzeuge mit oberflächennahen Kühlkanälen, die mittels Rapid-Tooling-Verfahren hergestellt werden, und die Untersuchung ihres Einsatzverhaltens, insbesondere im Hinblick auf die Steigerung der Pressgeschwindigkeit. Als additive Fertigungsverfahren kommen das Schicht-Laminat-Verfahren, bei dem Werkzeugelemente aus Blechlaminaten geschichtet werden, und das selektive Laserschmelzen, bei dem geometrisch komplexe Strukturen aus Stahlpulver aufgebaut werden, zum Einsatz. Unterstützt durch numerische und analytische Methoden wurden die Werkzeuge ausgelegt und die Einflussparameter bei der neuartigen Werkzeugkühlung grundlegend untersucht.

Neben Gestaltungshinweisen für die Konstruktion und den Aufbau der Werkzeuge wurde die Messtechnik zur Erfassung der lokalen Werkzeugtemperatur im Bereich der schwer zugänglichen Führungsflächen entwickelt. Für die Analyse der Auslegung der Kühlung bzw. zur Abschätzung der Werkstücktemperatur bei gegebenen Parametern wurde ein analytisches Modell zur Beschreibung des Wärmehaushalts unter Einsatz der Werkzeugkühlung erarbeitet.

Über den Einsatz der lokalen Werkzeugkühlung beim Strangpressen ist eine deutliche Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit möglich. Durch die Lokalisierung der Kühlung auf den Bereich nahe der Umformzone steigt die Presskraft dabei sowohl im Vergleich zu Referenzpressungen ohne Werkzeugkühlung als auch im Vergleich zum Pressen mit niedriger vorerwärmten Blöcken nur unterproportional an.

Zur Überwindung von Kostennachteilen bei der Werkzeugfertigung wurde ein hybrides Werkzeugkonzept entwickelt, bei dem großvolumige, jedoch geometrisch einfache Werkzeugbereiche konventionell gefertigt werden und geometrisch komplexere, kleinvolumige Bereiche durch Laserschmelzen aufgedruckt werden. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass aufgedruckte Werkzeugbereiche den hohen mechanischen und thermischen Belastungen, wie sie Strangpressen vorliegen, standhalten.

**Extrusion dies with conformal cooling channels manufactured
by additive manufacturing technologies for increasing
the productivity in hot aluminum extrusion**

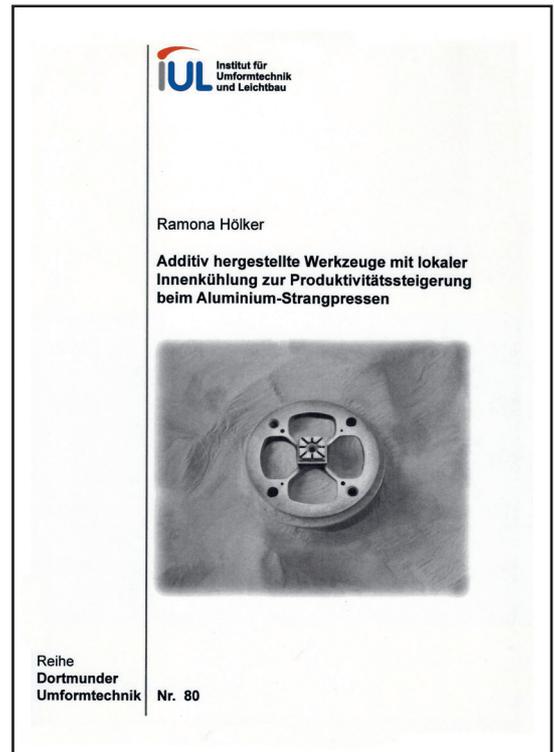
Ramona Hölker

Series: Dortmunder Umformtechnik - Volume 80

Shaker Verlag

ISBN: 978-3-8440-3149-2

Original language: German



Abstract

During hot aluminum extrusion with rising extrusion speed and, in consequence thereof, with an increased workpiece temperature surface defects like hot cracks and grain coarsening can occur. As a result of this, the working area is limited. A local inner die cooling offers a big potential in order to increase the productivity during aluminum extrusion. Inserting of conformal, near-surface cooling channels into the die is not possible by conventional manufacturing methods as regards profiles and extrusion dies with complex geometries. The use of rapid tooling methods is a promising approach to overcome this problem, which has not yet been comprehensively investigated in the field of hot bulk metal forming applications.

In the present work the development of novel extrusion dies with near-surface cooling channels manufactured by rapid tooling methods is presented as well as the investigation of their performance, especially in regard to the increase of the extrusion speed during hot aluminum light metal extrusion. The layer-laminated manufacturing method, where tool parts are assembled by single sheet layers, and the selective laser melting, where geometrically complex parts are built from steel powder, were used as additive manufacturing technologies. Supported by numerical and analytical methods, dies were designed and the influencing parameters of the novel die cooling were investigated fundamentally.

Besides design suggestions for the construction and set-up of the dies, measuring methods for the detection of the local die temperature in the area of the die bearings difficult to access were developed. For the analysis and the design of the cooling and for the estimation of the workpiece temperature for a given parameter set, respectively, an analytical model for the description of the heat balance during the use of the die cooling were developed.

By applying the inner die cooling in hot extrusion, a significant increase of production speed is possible. By localizing the cooling in the area close to the forming zone, the extrusion force increases only disproportionately in comparison to the reference trials without die cooling as well as in comparison to extrusion of lower preheated billets.

The potential of an increased productivity in hot extrusion might be accompanied by higher manufacturing costs for the die. To overcome the economic disadvantages, concepts for hybrid die components for hot extrusion were developed. Large volume, but geometrically simple die parts were manufactured conventionally by subtractive methods and small parts with geometrical complexity were printed on them by laser melting. The experimental results show that these hybrid tools withstand the high mechanical and thermal loads which occur during hot aluminum extrusion.