

Teilprojekt B8

Titel

Untersuchung präzisionsbestimmender Faktoren zur Minimierung von Verzug im Kokillen- und Druckgussprozess

Projektleitung/-bearbeitung

Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek
Gießerei Institut — Projektleitung

Dipl.-Ing. Nino Wolff
Gießerei Institut — Projektbearbeitung

Aufgabenstellung

Für die Bestimmung der präzisionsbeeinflussenden Faktoren im Dauerformguss lag im ersten vollen Jahr der zweiten Phase ein Projektschwerpunkt auf der Inbetriebnahme der in-situ Heißrissbeobachtung, die im Vorjahr konzeptioniert worden war. Parallel dazu waren, ebenfalls am komplexen Versuchsbauteil, die Versuchsreihen zur Verzugsbestimmung in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern bei der Formtemperierung umzusetzen. In Abb. 1 sind die zu betrachtenden Zielgrößen und beispielhaft zwei Eingangsgrößen zur Einordnung in den Kontext des gesamten Prozesses des Dauerformgusses dargestellt.

In einem weiteren Arbeitspunkt waren erste Konzepte zur Übertragung der im Kokillenguss erarbeiteten Systematik der Verzugsuntersuchung und -beeinflussung auf den Druckguss zu evaluieren.

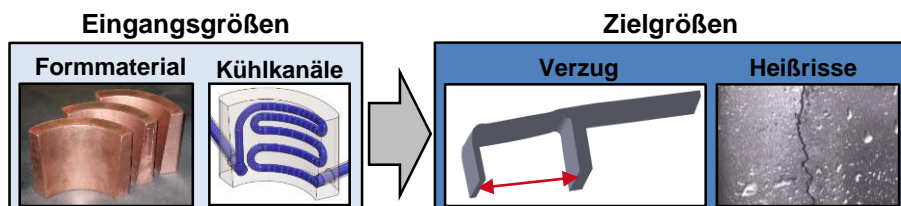


Abb. 1 Die zu betrachtenden Zielgrößen (rechts) und als Beispiel für die Eingangsgrößen (links) das Formmaterial und das Kühlkanallayout.

Vorgehensweise

Im Rahmen der Inbetriebnahme der neu entwickelten Kokillenmodule zur in-situ Heißrissbeobachtung wurden Versuchsreihen mit den Legierungssystemen AlSi und AlCu, die je nach Zusammensetzung stark unterschiedliche Heißrissneigung besitzen und verschiedene Mechanismen der Rissentstehung vermuten lassen, durchgeführt. Die Wahl der Legierungen geschah dabei in enger Abstimmung mit dem Teilprojekt B7, dass die entsprechende simulative Seite auf der Skala der Gefügebildung abdeckt.

Für die Bestimmung der Beeinflussbarkeit des Bauteilverzuges im Dauerformguss wurden Versuchsreihen mit der Aluminiumlegierung AlSi7Mg0,3 am komplexen Versuchsbauteil durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Parameter variiert:

- Globale und lokale Formtemperierung
- Einsatz von generativ, mittels SLM (selective laser melting), gefertigten Formeinsätzen in denen die Führung der Kühlkanäle dem lokalen Kühlbedarf angepasst wurde - in Kooperation mit Teilprojekt B1.
- Einsatz von Sandkernen die neben anderem thermischen Verhalten auch über ihre gänzlich von Stahlformen abweichenden mechanischen Eigenschaften großen Einfluss auf den resultierenden Bauteilverzug haben.

Für die ersten Schritte der Evaluierung der Übertragbarkeit der Systematik der Verzugsbeeinflussung vom Kokillen- auf den Druckgussprozess wurden verschiedene Bauteilgeometrien entwickelt, um geeignete Konzepte ableiten zu können.

Ergebnisse

Der im Vorjahr konzeptionierte Aufbau zur in-situ Heißrissbeobachtung konnte problemlos in Betrieb genommen werden und es ließen sich Heißrisse gezielt am gewünschten und optisch wie auch thermisch erfassten Ort erzeugen. Parallel zu den Experimenten wurden die Liquidus- wie auch die Solidustemperaturen der verwendeten Legierungen mittels Thermocalc errechnet.

Die durchgeführten Versuche zeigten erwartungsgemäß für AlSi7Mg0,3 keine Rissbildung ebenso wie bei AlSi3,5Mg0,15. Erst bei einer weiteren Halbierung des Si Gehaltes auf 1,75 % zeigte sich Rissbildung. Der entstandene Riss konnte erstmalig bei einer Temperatur (T_c) an der Rissstelle von 618 °C visuell erfasst werden. Diese liegt innerhalb des Erstarrungsintervalls der Legierung (649 – 575 °C). Für die AlCu Legierungen mit 2 und 4 % Kupfer zeigten sich in beiden Fällen deutliche Heißrisse mit jeweils erstem Erscheinen etwas unterhalb der Solidustemperatur T_{sol} . Die zu Vergleichszwecken abgegossene Al 99,8 Legierung zeigte erwartungsgemäß ebenfalls eine starke Rissneigung, wobei der Riss erstmalig bei einer Temperatur deutlich unterhalb der errechneten Solidustemperatur von Reinaluminium visuell erfasst werden konnte. Dies legt die Vermutung nahe, dass es hier zu starken Seigerungen der Nebenelemente in der Restschmelze kommt, was wiederum die Erstarrung im zuletzt erstarrten Bereich, wo die Rissbildung beobachtet wird, zu tieferen Temperaturen verschieben könnte. Die vorgenannten Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Ebenfalls enthalten ist die Zeit bis zur ersten visuellen Erkennbarkeit des Risses, gemessen vom Zeitpunkt an, ab dem der betrachtete Bereich vollständig mit Schmelze gefüllt war.

In Abb. 2 ist der erzeugte Heißriss an einer AlCu2 Legierung zu sehen. Die Einfallstellen zeigen, dass die Seite mit dem dem Quarzglasfenster gegenüberliegendem Isoliereinsatz als letztes erstarrt.

Tabelle 1 Betrachtete Legierungen und Temperaturen bei den Heißrissexperimenten

Legierung	Heißriss	Zeit [s]	T_{liq} [°C]	T_{sol} [°C]	T_c [°C]
Al 99,8	ja	55	-	660	606
AlCu4	ja	60	649	571	568
AlCu2	ja	52	655	610	604
AlSi7Mg0,3	nein	-	617	568	-
AlSi3,5Mg0,15	nein	-	638	572	-
AlSi1,75	ja	47	649	575	618

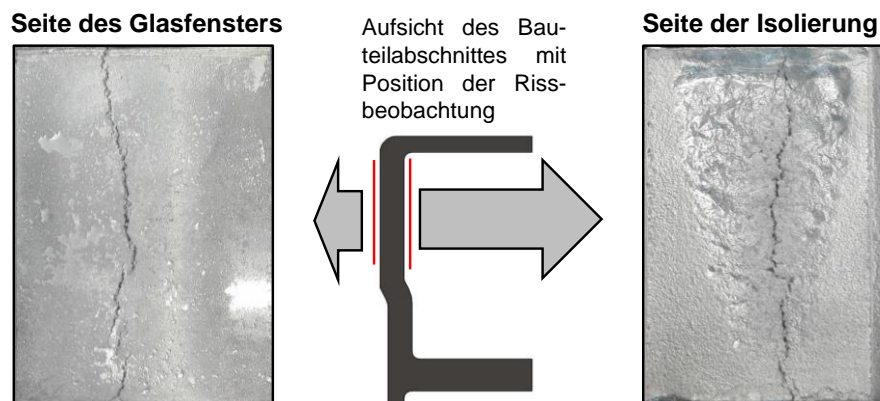


Abb. 2 Auf der linken Seite der Heißriss wie er unter dem Quarzglaseinsatz zu sehen ist und auf der rechten Seite der Bereich des Kontaktes mit dem Isoliereinsatz, der als letztes erstarrt. In der Mitte ist dargestellt, um welchen Bereich des F-förmigen Versuchsgussteiles es sich dabei handelt.

Zur Bestimmung des Bauteilverzuges in Abhängigkeit von den o. g. Parametern wurde jeweils Versuchsreihen mit mindestens fünf Exemplaren je Parametervariation durchgeführt, wobei die Kokille vor jeder Versuchsreihe neu geschlichtet wurde, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Der Verzug wurde durch die Öffnungsweite des „F“ als zweidimensionales Phänomen bestimmt (siehe Abb. 3).

Es zeigte sich, dass die homogenere Erstarrung beim Einsatz der generativ (mittels SLM) gefertigten Formeinsätze mit den dem Kühlungsbedarf angepassten Kühlkanälen den größten Bauteilverzug verursacht. Die Versuche mit konventionellen Formeinsätzen und lokaler Variation der Temperierung, auf der Innen und Außenseite des „F“, zeigten keine klaren Tendenzen für eine Abhängigkeit des Verzuges von dieser Variation. Zusammengefasst liegen diese Verzüge in einem ähnlichen Größenbereich wie die mittels generativ gefertigten Formmodulen. Die globale aktive Kühlung mittels Temperierung der Kokille auf Raumtemperatur zeigt für die Versuche mit Stahlkokillenmodulen den geringsten Verzug. Eine Sonderstellung nehmen die Ergebnisse der Versuche mit Sandkern auf der Innenseite des „F“ ein. Ohne den durch die Stahlmodule auferlegten Formzwang zeigt sich hier ein nahezu verzugsfreies Bauteil. Die Werte der gemessenen Verzüge für die mit einem Nennmaß von 130 mm versehene Öffnung des „F“ sind in Abb. 4 grafisch dargestellt.

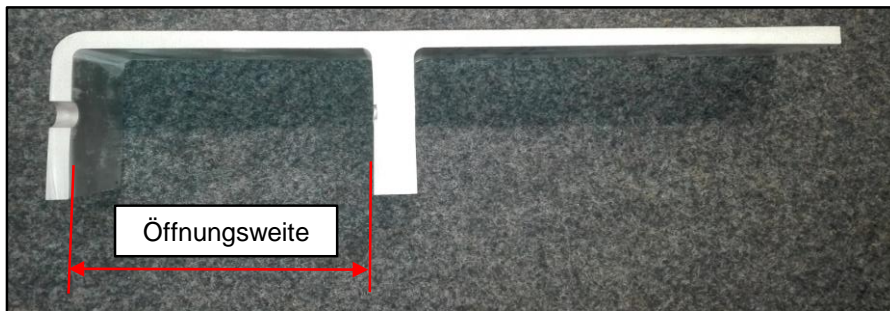


Abb. 3 Messstelle zur Ermittlung des Verzuges als zweidimensionales Phänomen, gezeigt an einem in der Symmetrieebene aufgeschnittenen Versuchsgussteil.

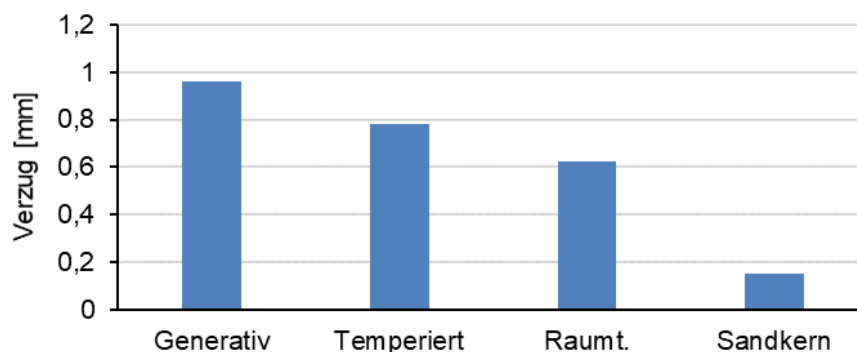


Abb. 4 Gemessene Verzüge für die verschiedenen Temperierkonzepte und den Einsatz des vom „F“ umschlossenen Formteils als Sandkern.

Die ersten Überlegungen zur Umsetzung der Systematik der Verzugsuntersuchung im Druckgussprozess führen zu ähnlichen Bauteilgeometrien wie im Schwerkraftkokillenguss (siehe Abb. 5), bei denen ebenfalls durch modularen Aufbau der Werkzeuge Wandstärken, Oberflächenstrukturen und Abkühlbedingungen variiert werden können.

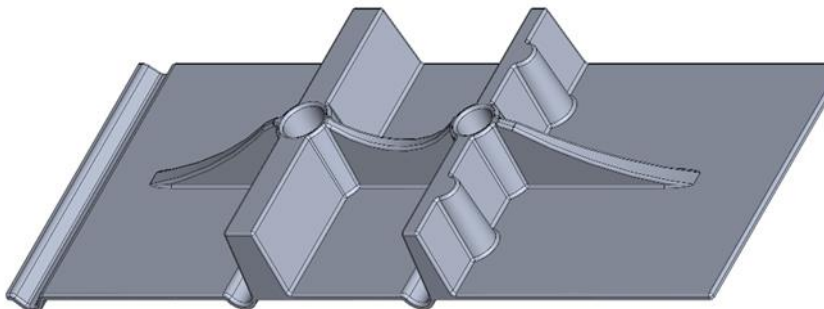


Abb. 5 Eine mögliche Geometrie für ein Druckgussbauteil für Verzugsuntersuchung und -kompensation.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Versuche mit der in-situ Heißrissbeobachtung zeigten, dass das Konzept des experimentellen Aufbaus geglückt ist und eine zeitliche Bestimmung der Rissbildung ermöglicht. Dies erlaubt in zukünftigen Arbeitspaketen, zusammen mit der Aufnahme von Temperatur- und Verformungswerten, eine Betrachtung der zugrunde liegenden Mechanismen der Heißrissentstehung. Ergänzt werden diese in-situ Messungen noch von anschließenden makro- und mikroskopischen Untersuchungen der Risse in Kooperation mit dem Teilprojekt A2 und parallelen Gefügesimulationen in Teilprojekt B7.

Die Verzugsuntersuchung zeigt für die Variation der Temperierung bei einer ersten makroskopischen zweidimensionalen Betrachtung nur wenig Beeinflussungsmöglichkeit für den resultierenden Bauteilverzug. Hier sind weitergehende Untersuchungen der gegossenen Versuchsteile z. B. Gefügeuntersuchungen zur Bestimmung des lokalen Einflusses der Parametervariation von Interesse. Der Einsatz des Sandkernes zeigt, dass die gezielte Reduzierung des Formzwangs einen signifikant höheren Einfluss besitzt und für weitere Konzepte der Verzugsbeeinflussung einen geeigneten Weg nahelegt.

In weiteren Arbeitspaketen werden ebenfalls die Möglichkeiten der Übertragung der betrachteten Schritte zur Verzugsbeeinflussung auf den Druckgussprozess tiefer eruiert, wobei auf die Gießereisimulation MAGMASOFT zurückgegriffen werden wird.

Veröffentlichungen

N.Wolff, J. Krampe, U. Vroomen, A. Bührig-Polaczek: Vergleich der thermischen Eigenschaften industriell genutzter Dauerkokillenschichten mit einer plasmagespritzten YSZ-Beschichtung, Giesserei, 5, 30-37, 2019

N. Wolff, M. Ahamadein, B. Pustal, A. Bührig-Polaczek: Identification of Relevant Parameters for a Gap and Pressure Dependent heat Transfer Model for Different Cooling Conditions in Gravity Die Casting, Proceedings of LMPC2019, ISBN-10: 0-87339-771-1, 2019

SFB 1120

Jahresbericht 2019



**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**

N.Wolff, U. Vroomen, A. Bührig-Polaczek: Development and Evaluation of an Experimental Setup to Investigate and Influence Component Distortion in Gravity Die Casting, akzeptiert, AFS Transactions, 2020