

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, lagen im Übergangsjahr von erster zur zweiten Phase die Projektschwerpunkte auf dem Abschluss der Versuche zur Thematik der Wärmeübergänge am rotationssymmetrisches Demonstrationsbauteil und der entsprechenden Aufbereitung der gesammelten Daten zur Erstellung eines effektiven HTC (Wärmeübergangskoeffizient) Modells.

Im Bereich des zweiten Schwerpunkts, der Bestimmung – Beeinflussung des Bauteilverzuges, ist die Thematik der Heißrissentstehung hinzugenommen worden, da diese auf denselben werkstoffphysikalischen Mechanismen basiert. Zu deren empirischen Untersuchung stand eine entsprechende Anpassung des Versuchsaufbaus, zur in-situ Beobachtung der Heißrissentstehung, an.

In Abb. 1 sind die zu bearbeitenden Themengebiete und ihre kausalen Zusammenhänge zur Einordnung in den Kontext des gesamten Prozesses des Dauerformgusses dargestellt.

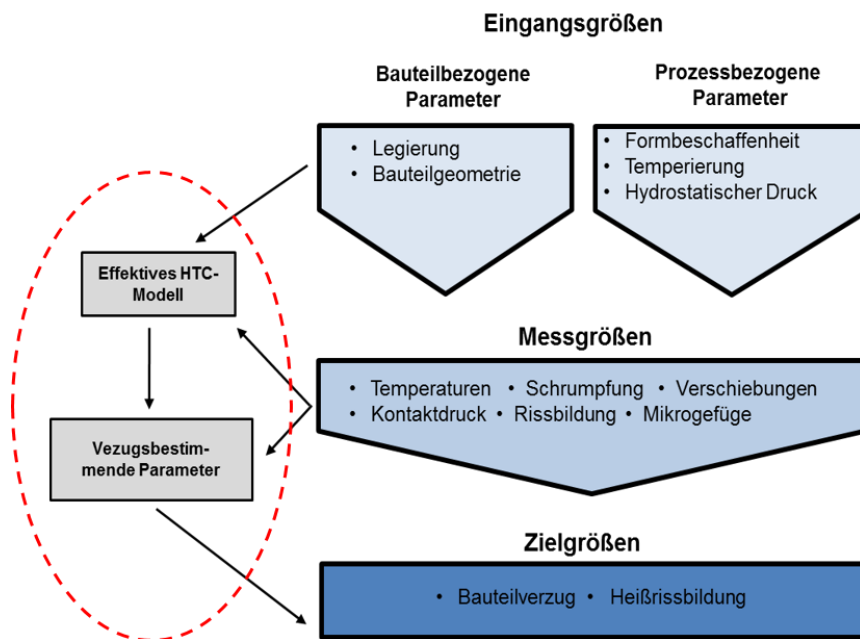


Abb. 1 Eingangs-, Mess- und Zielgrößen und ihre Zusammenhänge. Die im Teilprojekt adressierten Bereiche sind kenntlich gemacht.

Vorgehensweise

Im vorangegangenen Projektjahr wurden die Gussversuche an dem rotationsymmetrischen Versuchsbauteil zur Untersuchung der Thematik des Wärmeübergangs abgeschlossen. Diese Versuche boten die Möglichkeiten die präzisionsbestimmenden Faktoren im Kokillenguss vorerst ohne geometrisch bedingte Einflüsse zu erforschen. Der hierfür entwickelte Versuchsstand (Abb. 2 links) ermöglicht dabei die in-situ Analyse von Druckverläufen, Temperaturverläufen und Verschiebungen zwischen Gussteil und Kokillenwand. Aus den aufgezeichneten Daten lässt sich der stark von den Kontaktbedingungen abhängige HTC bestimmen. Die gesammelten Daten der verschiedenen Versuchsreihen mit Variation der Prozessparameter wurden zusammengetragen aufbereitet und eine umfassende Datenbank erstellt. Diese wurde entsprechend um quantitative Größen wie beispielsweise Wärmekapazitäten und Wärmeleitfähigkeiten ergänzt um sie für statistische Auswertungen z. B. mittels Varianzanalyse nutzbar zu machen. Die jeweiligen Anteile der in den Versuchsreihen variierten Parameter am effektiven gesamt HTC werden daraus mittels einer Sensitivitätsanalyse quantitativ bestimmt.

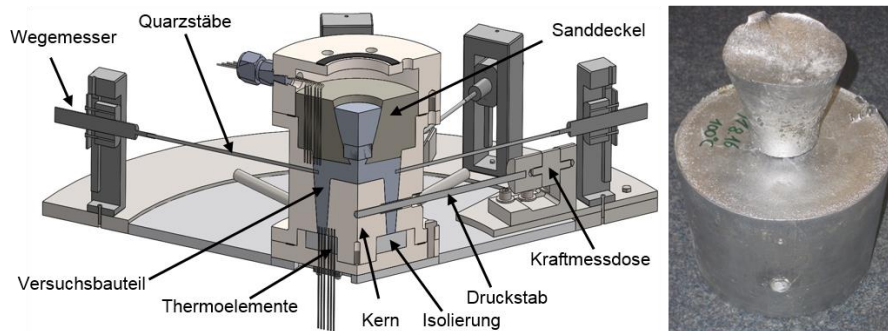


Abb. 2 Ausschnittsdarstellung des Versuchstandes für ein rotationssymmetrisches Versuchsbauteil zur HTC Bestimmung (links) und ein entsprechender gegossener Versuchskörper (rechts).

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Entwicklung und dem Betrieb des rotationssymmetrischen Versuchstandes wurden in einem iterativen Prozess zur Gestaltung des Versuchsbauteils mit komplexer Geometrie aufgegriffen. Hierbei wurde als weitere präzisionsbestimmende Einflussgröße die Bauteilgeometrie in die Untersuchungen mit einbezogen. Die so entwickelte Kokille ermöglicht durch ihren modularen Aufbau sowohl die individuelle Temperierung der verschiedenen Formbereiche, als auch deren Tausch. Der dafür geänderte Versuchsaufbau ist in Abb. 3 zu sehen. Es wurden Versuchsreihen zur Formtemperierung und zum Einfluss des Formmaterials durchgeführt. Weiterhin wurde die Übertragbarkeit des im Teilprojekt B1 des IKV entwickelten Algorithmus zur Optimierung von Kühlkanallayouts vom Spritz- auf den Kokillenguss experimentell validiert. Neben Messungen des Verzuges als geometrische Größe wurden auch exemplarisch die Eigenspannungen an Versuchsbauteilen bestimmt um die Kausalitätskette zwischen Einfluss- und Zielgrößen weiter zu schließen

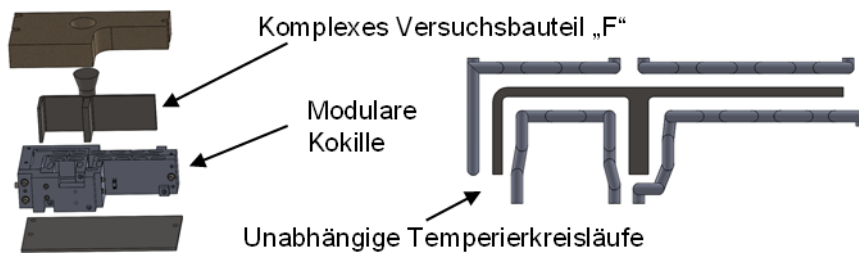


Abb. 3 Aufbau der Versuchskokille für das komplexe versuchsbauteil „F“ (links) und Anordnung der individuellen Temperierkreisläufe (rechts).

Für die Ertüchtigung des Versuchs Aufbaus zur in-situ Beobachtung der Heißrissentstehung wurden entsprechenden Vorversuche mit Variation des Legierungssystems (Al-Si, Al-Cu etc.) und der gezielten Erzeugung von „Hotspots“ durchgeführt und mit numerischen Simulationen begleitet. So erzeugte Heißrisse und die Simulation einer gesteuerten Erstarrung sind in Abb. 4 zu sehen.

Die gewonnen Erkenntnisse zur Erstarrung, Temperaturen, Wärmeübergängen und Gefüge werden zudem in Kooperationen mit den simulativen Teilprojekten B7 und B9, zum Abgleich mit den numerischen Ergebnissen, ausgetauscht.

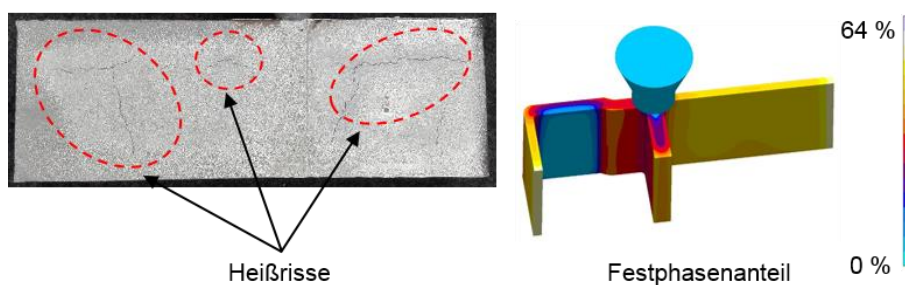


Abb. 4 In Vorversuchen erzeugte Heißrisse (links) und die gesteuerte Erstarrung in einer begleitenden Simulation (rechts).

Ergebnisse

Aus den Versuchen am rotationssymmetrischen Bauteil, mit verschiedenen eingestellten Kokillentemperaturen von 30 bis 300 °C, verschiedenen Kokillenmaterialien, Beschichtungen und Temperierkonzepten konnten die sich jeweils ergebenden örtlichen Abkühlkurven, Verschiebungen und daraus resultierende HTC's ermittelt werden. Zu Einzelaspekten wurden

entsprechende Publikationen eingereicht. Die laufende Analyse der gesammelten Daten zeigt beispielsweise den Einfluss der Kokillenbeschichtung, dargestellt in Abb. 5, als Differenz des HTC zwischen einer unbeschichteten und einer beschichteten Form. Ebenso lässt die Zusammenführung der Daten aus den unterschiedlichen Versuchsreihen Korrelationen zwischen Einflussgrößen und HTC erkennen. So zeigt Abb. 6, dass z. B. Formmaterial und Temperierkonzepte (konventionell oder konturangepasst) bei einer auf Raumtemperatur eingestellten Temperierung einen wesentlich größeren Einfluss auf den gesamt HTC haben als bei einer auf 300 °C temperierten Kokille.

Die Versuchsreihen am komplexen Versuchsbauteil zeigen eine Beeinflussbarkeit des Bauteilverzuges durch unterschiedliche Formtemperierung, Materialien und Temperierkonzepte in verschiedenen Formbereichen. Darstellt sind in Abb. 7 links die zur Bewertung des Verzuges herangezogenen Messstellen als rote Linien um den Bauteilverzug zunächst als zweidimensionales Phänomen betrachten zu können. Dort sind auch die Messpunkte für die exemplarische Eigenspannungsmessung gekennzeichnet mit den Nummern 1, 2, 3 für Messstellen am frei kontrahierenden Ende des Versuchsbauteils und den Nummern 4, 5 und 6 auf der Seite mit behinderter Kontraktion. Die Messungen, Abb. 7 rechts, zeigten jedoch keine erkennbaren Unterschiede an beiden Messstellen.

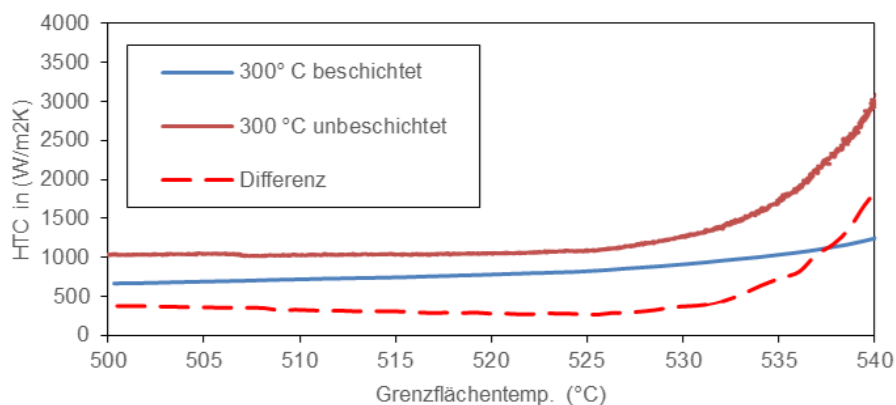


Abb. 5 HTC in einer beschichteten und einer unbeschichteten Kokille und der Einfluss der Beschichtung, aufgetragen über die Gusseite Grenzflächentemperatur

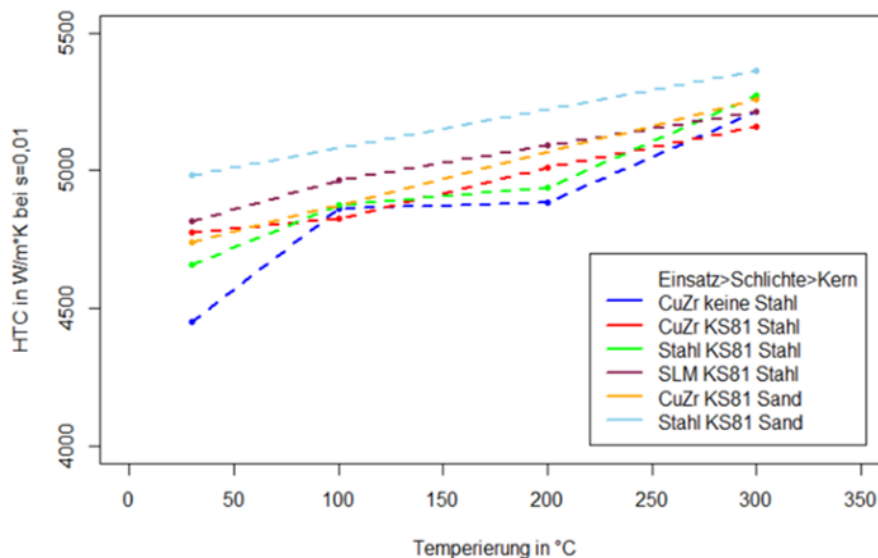


Abb. 6 Einfluss des Kokillenmaterials und der Kühlkanalgeometrie auf den HTC aufgetragen über die Kokillentemperatur.

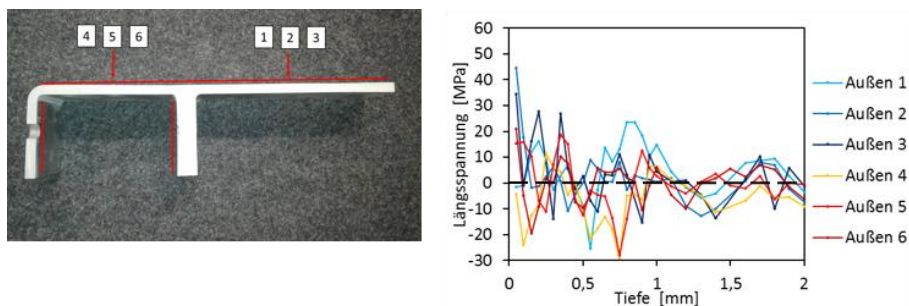


Abb. 7 Aufgeschnittenes komplexes Versuchsbauteil mit rot kenntlich gemachten Messstellen für die Verzugsmessung und nummerierten Messstellen der Eigenspannungsmessungen (links). Rechts sind die zugehörigen Eigenspannungen über der Tiefe aufgetragen.

Aus den Vorversuchen mit begleitenden Simulationen sowie zugehöriger Literaturrecherche konnte in einem iterativen Prozess ein Konzept für Kokillenmodule entwickelt werden, die eine in-situ Beobachtung, mittel Videoaufzeichnung, der Heißrissentstehung ermöglichen werden. Dies wurde in eine entsprechende Konstruktion überführt und zur Fertigung freigegeben. Die Anordnung von Isolierungen und Fenstern in dem Versuchsaufbau des komplexen Bauteils ist in Abb. 8 zu sehen.

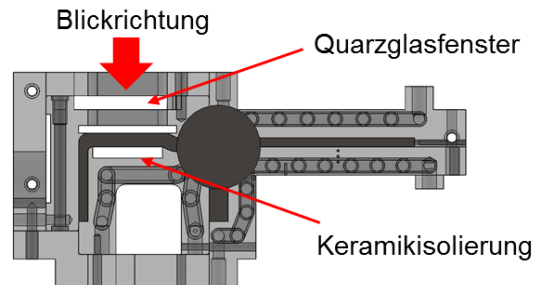


Abb. 8 Modularer Kokillenaufbau, erweitert um Module zur Erzeugung eines „Hotspots“ im Gussteil und um ein Fernster zur in-situ Videoaufzeichnung der Heißrissentstehung

Zusammenfassung und Ausblick

Die Versuchsreihen am rotationssymmetrischen Versuchsbauteil haben eine Fülle an Daten zur Bestimmung des Wärmehaushaltes in Dauerformgießprozessen geliefert. In den nächsten Schritten werden die Daten aufbereitet und mittels statistischer Methoden auf kausale Zusammenhänge von Eingangs-, Prozess- und Zielgrößen untersucht. Aus diesen Erkenntnissen wird ein effektives HTC abgeleitet und Publiziert.

Aus den Ergebnissen der Versuchsreihen am komplexen Versuchsbauteil werden die gewonnen Erkenntnisse erweitert und die Einflussgrößen für den Bauteilverzug und die Heißrissbildung abgeleitet. Ebenfalls werden Untersuchungen zu Teilaspekten, wie der Einfluss des mit TP B1 entwickelten optimierten Kühlkanallayouts weitergeführt und die zu erwartenden Ergebnisse veröffentlicht.

In weiteren Schritten wird die in-situ Beobachtung der Heißrissentstehung in Betrieb genommen, entsprechende Versuchsreihen geplant und durchgeführt. Die zu erwartenden Ergebnisse werden mit den Teilprojekten B7 und B9 zu einem besseren Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen ausgetauscht und in eine Entsprechende Modellbildung überführt.



Veröffentlichungen

N.Wolff, J. Krampe, U. Vroomen, A. Bührig-Polaczek:
*Comparison of the Thermal Properties of Industrially Used Die
Coatings and a Plasma Sprayed YSZ Coating for Gravity Die
Casting Applications,*
AFS 2019 (eingereicht)