

Der Einfluss der Flüssig- bzw. Flüssig-Fest-Schrumpfung auf das Erstarrungsverhalten eines Gussteils

Ch. Honsel; K. Weiß

Die Berechnung von Temperaturfeldern ist inzwischen ein selbstverständliches Werkzeug zur Anschnitt und Speiserauslegung geworden. Die Lokalisierung der Wärmezentren gibt dem Gießer Auskunft über die richtige Position und ausreichende Dimensionierung des Speisungssystems. Insbesondere in der Nähe von Speiserhälsen und Anschnitten gibt es aber hin und wieder Abweichungen hinsichtlich der Fehlerbestimmung zwischen den Berechnungsergebnissen und den praktischen Gießversuchen. Hier kann die Berücksichtigung des Schwindungsverhaltens der abkühlenden Schmelze bzw. der Erstarrungsschwindung deutlich genauere Hilfestellung geben.

$$r c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q}$$

Fourier'sche Differentialgleichung zur Beschreibung von Wärmeleitungsprozessen. (1)

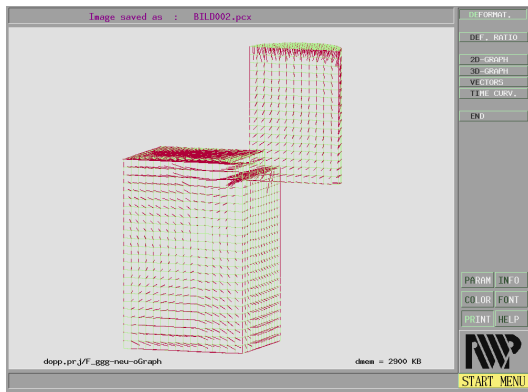
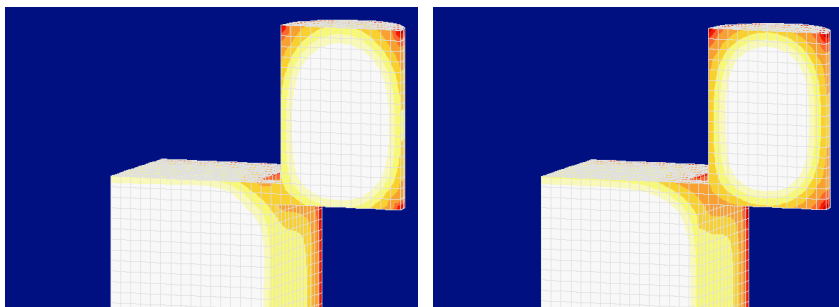


Bild 1:

Konvektionsströme können die Temperaturfelder insbesondere im Bereich von Speiseranbindungen erheblich verändern. Deshalb kam es in diesen Bereichen auch immer wieder zu Differenzen zwischen einzelnen Simulationsergebnissen und praktischen Gießversuchen.

Die Grundlage der Berechnung von Erstarrungssimulationen ist die Wärmeleitungsgleichung von Fourier (1). Diese partielle Differentialgleichung beschreibt die Temperaturänderung in einem Bauteil, die sich aufgrund der vorliegenden räumlichen Temperaturgradienten durch Wärmeleitungsprozesse ergeben. Nicht berücksichtigt sind hier konvektive Wärmeströme, also Wärmeströme aufgrund von Materialtransport. Im Allgemeinen spielen die konvektiven Wärmeströme auch eine untergeordnete Rolle bei den Erstarrungsvorgängen. In den meisten engen Speiseranbindungen oder bei Flaschenspeisern kann der Einfluss solcher Konvektionsströme aber doch erheblich sein. Bild 1 zeigt im Viertelschnitt den Verlauf solcher Konvektionsströme.



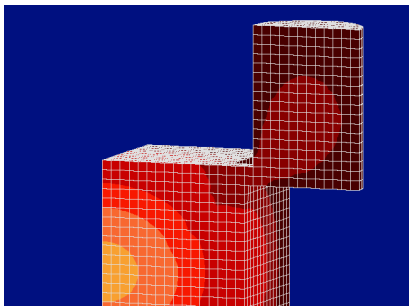
mit Berücksichtigung der Konvektion (t=50 [s])

ohne Berücksichtigung der Konvektion (t=50 [s])

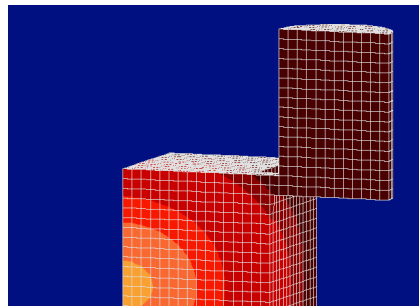
Bild 2:

Heißes Material fließt aus dem Speiser in das Bauteil. Dadurch bleibt die Speiseranbindung länger offen. Gleichzeitig senkt sich der Flüssigkeitsspiegel im Speiser. Der dadurch entstehende Luftspalt verschlechtert den Wärmeübergang eines Blindspeisers nach oben.

Im Detail lassen sich dann mehrere Phänomene beobachten, die im Folgenden dargestellt werden sollen. Zunächst sinkt der Flüssigkeitsspiegel im Speiser. Falls es sich hier um einen Blindspeiser handelt, und kein metallostatischer Druck mehr vorhanden ist, verschlechtert der entstehende Luftspalt den Wärmeübergang. Im Bild 2 sichtbar dadurch, dass im linken Bild (mit Berücksichtigung der Konvektion) die Isothermen am oberen Rand des Speisers höher liegen als im rechten Bild (ohne Berücksichtigung der Konvektion). Heißeres Material fließt aus dem Speiser in das Bauteil, deshalb ist die Temperatur im Anschnitt im linken Bild höher.



mit Berücksichtigung der Konvektion (t = 600 [s])



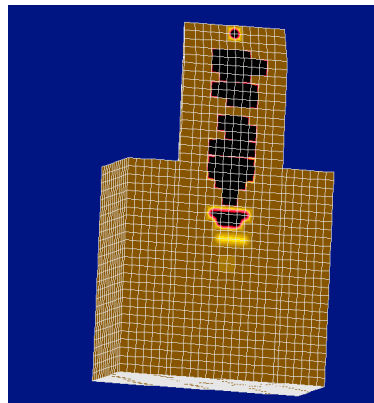
ohne Berücksichtigung der Konvektion t = 600 [s]

Bild 3:

Mit fortgeschrittener Zeit ist der Speiser kälter als das Bauteil. Der Speiser ist zwar noch offen, aber das in das Bauteil einfließende Material bewirkt eine Einschnürung der Isothermen.



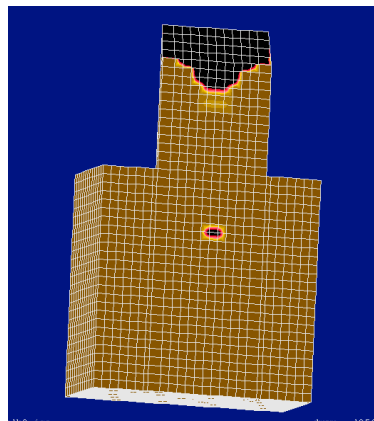
Experiment (Naturspeiser)



Simulation (Naturspeiser)



Experiment (isolierter Speiser)



Simulation (isolierter Speiser)

Bild 4:

Der Vergleich zwischen Simulation und Experiment zeigt, dass die Simulation die Position der Lunker sehr genau vorhersagen kann. Insbesondere kann jetzt auch die Wirkung von isolierten und exothermen Speisern überprüft werden.

Zu einer weiter fortgeschrittenen Zeit (**Bild 3**) ist der Speiser mit Berücksichtigung der Konvektion (links) noch offen, während der rechte Speiser aufgrund des höheren Wärmeübergangs schon kälter und der Anschnitt bereits erstarrt ist.

Nur mit der Berücksichtigung dieser Phänomene lässt sich die genaue Position eines Lunkers bestimmen. Für einen hochlegierten Chrom-Stahl wurden Vergleiche zwischen dem praktischen Gießversuch und der Simulation durchgeführt. Die in **Bild 4** dargestellten Lunkerproben wurden mit Thermoelementen bestückt und die Temperaturführung während des Abgießens protokolliert. Hierbei konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment nachgewiesen werden.

Die gute Zusammenarbeit mit den Herstellern von Speiserhilfsstoffen ermöglicht es, eine dazu notwendige Datenbank mit den entsprechenden physikalischen Eigenschaften zu erstellen. Diese stehen dann dem **WinCast^a** Anwendern zur Verfügung.

Die Graphitexpansion, die bei Eisen-Kohlenstoff-Legierungen zur Speisung genutzt werden kann, ist ein komplizierter und noch nicht in allen Einzelheiten erforschtes Phänomen. Auch wenn zur Zeit noch nicht detailliert bekannt ist, welche Bedingungen beim Grauguss zur Ausbildung des Graphits und der damit verbundenen Expansion führt, so wird der Vorgang doch seit langem genutzt. Dieser Vorgang kann hier in vereinfachter Form mathematisch formuliert und in der Simulation bestimmt werden. Damit kann die Wirkung der Graphitexpansion jetzt wesentlich genauer berechnet und damit die Vorhersage bei realen Bauteilen erheblich verbessert werden.