



OCN-25-Ofensystem von ABP Induction - Das Niederdruckgießen stellt eine vielversprechende Alternative für Stahlguss dar.

Neue Perspektiven für Stahl im Niederdruckgießen

Für das Herstellen von Stahlgusswerkstoffen ist das Schwerkraftgießen noch immer das marktdominierende Verfahren. Das Prinzip ist einfach und grundsätzlich seit mehreren Jahrhunderten unverändert. Jedoch: In Verbindung mit immer filigraneren und komplexeren Bauteilgeometrien sowie steigenden Qualitätsanforderungen stellen die prozessbedingten Limitationen Gießer und Gießerei-Ingenieure vor große Herausforderungen. Somit ist die Zielgeometrie nur durch hohe Mengen an Kreislaufmaterial mit teilweise gleichzeitig hohen Ausschussraten zu realisieren. Eine Alternative stellt das Niederdruckgießen dar, das mit einem viel kleineren Anguss- und Speisersystem auskommt.

**VON MARKUS HAGEDORN;
DORTMUND**

Das Niederdruckgießen von Aluminiumbauteilen ist State-of-the-Art, hier sind Anteile des Kreislaufmaterials von weniger als 20 Prozent des Gussteilgewichts erreichbar, beim Schwerkraftgießen sind es 100 Prozent [1]. Die eingesparten Kapazitäten im

Schmelzbereich generieren für die Gießereien wertvolle Einspar- bzw. zusätzliche Umsatzpotenziale.

Stahlguss als Werkstoff im Formleichtbau

In Verbindung mit dem intensivierten Leichtbaugedanken im Automotive-Bereich ist auch der Blick auf dünnwandigen

Stahlguss als Material interessant: Verbundmaterialien wie CFK und Leichtbaumaterialien wie Aluminium oder Magnesium weisen zwar ein hervorragendes Leichtbaupotenzial auf, haben gegenüber Stahl aber auch zahlreiche Nachteile. Unter anderem ist der Primärwerkstoff signifikant teurer und die Fügetechnik zu angrenzenden Bauteilen aufwendiger, welche bei Mischbauvarianten zusätzli-

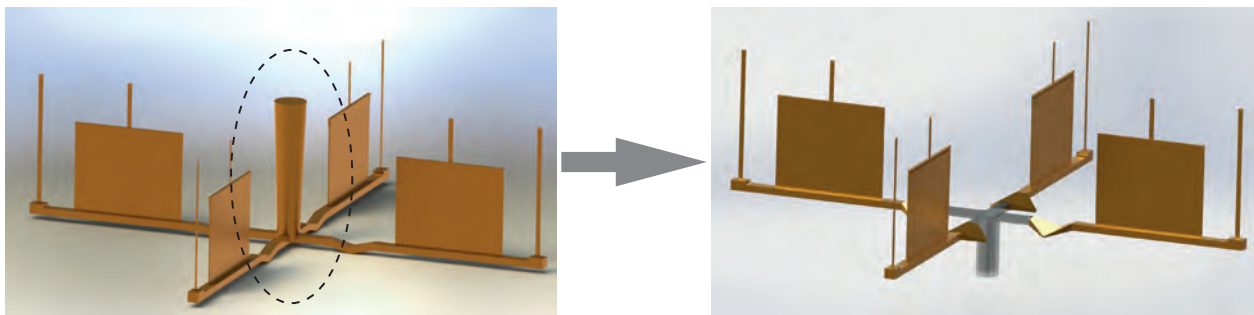


Bild 1: Stilisierte Darstellung der Einsparungen von Kreislaufmaterial durch das modifizierte Gießsystem.

Tabelle 1: Vergleich der Prozessparameter zwischen Schwerkraft- und Niederdruckgießen.

Kriterien	Schwerkraftgießen	Niederdruckgießen
Ausbringung	20 % - 50 %	um den Faktor 1,5 - 2 erhöht
Ausschussanteil (in Abhängigkeit der Geometrie)	In Abhängigkeit der Geometrie bis zu 25 %	Verringert um den Faktor 5 - 10 % durch laminare und reproduzierbare Formfüllung
Formaufteilung (bei mehreren Bauteilen pro Form)	Eine zusammenhängende Gießtraube → Separation notwendig	Separierte Teile → keine Separation notwendig
Nacharbeit	Große Speiser- und Anschnittsysteme	Kleinere Systeme, endabmessungsnäher
Filter	notwendig	nicht erforderlich
Schmelzofentemperatur	1700 - 1750 °C → höherer Energieverbrauch → kurze Haltbarkeit der Feuerfestauskleidung	ca. 1640 °C → niedrigerer Energieverbrauch → längere Haltbarkeit des Feuerfestmaterials
Reproduzierbarkeit/Wiederholgenauigkeit	- keine geregelte Fließgeschwindigkeit - Temperaturschwankungen während des Prozesses - manueller Prozess	- geregelte turbulenzarme Druckkurve - Regelung der Temperatur möglich - automatisierter Prozess
Wanddicke	Dünne Wandstärken nicht wirtschaftlich herstellbar	< 2 mm und < 1 mm lokal

che Aufwendungen zum Korrosionsschutz erfordert und Reparaturkonzepte verteuert [2]. Auch eignen sich Materialien wie Aluminium nicht für alle Gussteile (z. B. Turboladergehäuse). Durch die Möglichkeit, Stahl im Niederdruckguss lastgerecht und dünnwandiger herstellen zu können, kann der Werkstoff einen wesentlichen Vorteil ausspielen: In den gängigen und weltweit verfügbaren Verfahren der Endmontage und auch bei Reparaturen ist er einfach zu handhaben. Deswegen lohnt sich der Blick auf die Stahlverarbeitung im Niederdruck-Gießverfahren.

Gute Gründe für das Niederdruckgießen

Ein wesentlicher Vorteil, den das Niederdruckgießen mit sich bringt, ist, wie in der Einleitung bereits angedeutet, das kleinere Anguss- / Speisersystem (Bild 1) und damit die geringere Menge an Kreis-

laufmaterial. Weniger Kreislaufmaterial bedeutet aber nicht nur, dass weniger Einsatzmaterial benötigt wird und die Erzeugungskosten sinken, sondern auch dass die Kosten der nachgelagerten Prozessschritte (Separieren, Putzen, Entgraten ...) deutlich reduziert werden [3] (Tabelle 1). In der Aluminiumverarbeitung steigt auch deswegen der Anteil am Niederdruckguss stetig. Schwerkraftgießen im Aluminiumbereich wird heute für deutlich unter 50 Prozent der Bauteile eingesetzt.

Durch das Niederdruckstahlgießen eröffnet sich die Möglichkeit, auch mit diesem Werkstoff dünnwandiger zu gießen. „Im Automobilbau rücken dadurch sowohl Strukturbauteile als auch Knotenelemente im Bereich Chassis und Achskomponenten direkt in den Fokus“, erklärt Dipl.-Ing. F.-J. Wöstmann [4], Abteilungsleiter Gießereitechnologie und Leichtbau beim Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung

(IFAM). Seiner Einschätzung nach kann Stahl bei der Möglichkeit einer dünnwandigen Herstellung seine Kombination aus hoher Festigkeit, Duktilität und Steifigkeit ausspielen. Dabei gilt das seiner Einschätzung nach nicht nur für den Pkw-, sondern auch für den Nutzfahrzeugbereich. Hier ergibt sich der zusätzliche Vorteil, dass die steiferen Strukturen höhere Nutzlasten erlauben und somit auch im Betrieb effizienter und ressourcenschonender sind.

Im Maschinen- und Anlagenbau kämen diverse Maschinenkomponenten bis hin zu den Antrieben, insbesondere für Hochdrehmomentmotoren infrage, die wiederum in Zukunft auch im Automobilbau Anwendung finden. Das Niederdruckgießverfahren ist hier nicht nur auf dünnwandige Leichtbaukomponenten beschränkt. Die wesentlichen Vorteile, wie z.B. die turbulenzarme Formfüllung, die verringerten Anschnitt- und Speisersysteme sowie die einstellbaren und repro-



Bild 2: Modulares OCN-System für höchste Anlagenverfügbarkeit.

duzierbaren Gießbedingungen sind gleichermaßen interessant für nahezu alle weiteren Anwendungsgebiete im Stahlguss. Das IFAM hat bereits zwei Prototypenanlagen aufgebaut und entwickelt diese für den Einsatz im Stahlguss weiter. Dadurch besteht für Interessenten die Möglichkeit, eigene Bauteile im Niederdruckguss zu erproben, ohne den Randbedingungen und Restriktionen einer laufenden Produktion zu unterliegen. Dadurch besteht erstmals die Möglichkeit, die technischen und wirtschaftlichen Vorteile des Verfahrens nicht nur zu simulieren.

Auch der Umweltfaktor spielt eine Rolle: Durch die verringerten Raten von Kreislauf- und Ausschussmaterial sinkt die benötigte Energie pro Kilogramm gutem Guss um bis zu 50 Prozent. Zuletzt ist durch die geringeren Mengen an Flüssigmaterial und die geringeren Gießtemperaturen weniger Formstoff notwendig, ebenfalls ein wesentlicher Treiber von Energieverbrauch und Kosten. „Die Rückmeldung unserer Kunden zeigt, dass die genannten Vorteile die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegenüber dem Schwerkraftgießen deutlich erhöhen“, erklärt Dr. Marco Rische, CTO bei ABP Induction. Beim Niederdruckgießen ist der Prozess im Wesentlichen gekapselt, wodurch während des Gießens Probleme mit Funkenbildung, Spritzern und Emissionsbelastung der Mitarbeiter minimiert werden. Hinsichtlich der Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte ist durch die dünnwandige Herstellung direkt der hochfeste Leichtbau adressiert, der zur Reduzierung von Kraftstoff und Energieverbrauch im Einsatz beiträgt. In der Herstellung werden durch die mögliche Wandstärkenreduktion im Designprozess der Energie- und

Materialbedarf noch einmal reduziert. Im Vergleich zu konkurrierenden Verfahren kann dadurch auf Mischbauvarianten oder Verbundwerkstoffe mit aufwendigem Recyclingprozess verzichtet werden. Man sieht, es geht letztlich auch um das Zusammenspiel dieser betriebs- und umweltrelevanten Anforderungen mit Qualitäts- und Kostenfaktoren der Massenproduktion sowie Designaspekten.

Das OCN-Ofensystem von ABP Induction

„Um eine Anwendung des Niederdruckgießverfahrens im Stahlguss ermöglichen zu können, wurde auf Basis des bekannten Druckgießofens das OCN-Ofensystem entwickelt“, erklärt ABP CTO Dr. Marco Rische. Dabei handelt es sich um das bislang einzige Anlagenkonzept für das Niederdruckgießen von Stahlguss, das sich nach aufwendigen Vorversuchen in der industriellen Praxis bewährt hat [5, 6]. Es bietet je nach Ausführung ein Nutzfasungsvermögen von 1000 bis 10 000 Kilogramm. Das Ofensystem mit der modernen IGBT-Umrichtertechnik ist für den Stahl, Eisen- und Nicht-Eisen-Guss konzipiert. Auch das Gießen von Bronze- und Kupferbauteilen ist mit den genannten Vorteilen möglich.

Im Niederdruckgießen sind Bauteile mit einer Stärke von bis hinunter zu 0,8 Millimetern realisiert worden. In der Praxis hat sich der Durchschnitt aktuell bei 1,5 bis 2 Millimetern eingependelt, bei Bauteilen mit einer Länge von bis zu 1,2 Metern. Durch die ABP-Drucksteuerung lassen sich entsprechende Gussformen innerhalb weniger Sekunden vollständig füllen, bei richtiger Prozesssteuerung ohne die Gefahr von Lunker- oder

Porenbildung. Damit ermöglicht das Niederdruckgießen komplexe und gewichtsoptimierte Geometrien in einem ähnlichen Maße wie im Feinguss. Dem gegenüber stehen die signifikant niedrigeren Herstellkosten von Niederdruckguss-Bauteilen sowie die Möglichkeit, dünnwandige Bauteile in nahezu beliebiger Größe herzustellen.

Der OCN-Niederdruck-Gießofen ist nach dem Teapot-Prinzip aufgebaut (Bild 2). Das hat wesentliche Vorteile im Betrieb. Neben der großen Pufferfähigkeit haben sich in der Praxis auch die Möglichkeit der Abscheidung mitlaufender Schlackereiste im Ofenkessel und das schlackefreie Abgießen ohne die Gefahr des Einfrierens bewährt. Weiterhin lässt sich das OCN-Ofensystem durch den Tiegelinduktor schnell vollständig entleeren, z.B. für einen Legierungswechsel. Nicht zuletzt ist der Ofen modular aufgebaut, sodass die einzelnen Elemente zum Ende ihrer jeweiligen Feuerfesthaltbarkeit einfach und zeitsparend ausgetauscht werden können und das System hochverfügbar ist.

Aus der Praxis: Erste Erfahrungen

Im Gegensatz zum Schwerkraftgießen ist das Niederdruckgießverfahren in hohem Maße automatisierbar. Die Füllung ist druckgesteuert und die Temperatur in einem minimalen Toleranzbereich regulierbar. Damit löst dieses Verfahren die Herausforderung, die eine nicht regulierbare Temperatur mit sich bringt, denn im hohen Temperaturbereich besteht ein erhöhtes Risiko für Gasporosität, Sandeinschluss, raue Oberflächen oder auch mechanische Adhäsion, während im niedrigen Temperaturbereich die Gefahr der Rissbildung und der unzureichenden Formfüllung besteht. Das Metall im Ofen befindet sich beim OCN-System in einem geschlossenen Behälter mit Schutzgasatmosphäre. Dadurch nimmt die Schmelze weniger Wasserstoff und andere Verunreinigungen auf und die Oxidbildung wird verringert. Dies ist die Basis für eine gute Gussqualität. Zusätzlich lassen sich somit auch Materialien vergießen, die aufgrund ihrer hohen Oxidationsneigung in klassischen Verfahren nicht vergießbar waren, also auch sauerstoffaffine Kupferlegierungen.

Die Druckkurve zur Steuerung der Formfüllung ist für jede Gießform individuell anpassbar und archivierbar. Die Niederdrucksteuerung arbeitet mit Proportionaltechnik und erreicht Genauigkeiten von ± 1 mbar. „Die Stützpunkte der Druckkurve sind im Bereich von Zehntelsekunden

den einstellbar“, sagt Dietmar Mitschulat, als Software-Ingenieur bei ABP Induction verantwortlich für die Programmierung der Steuerung des OCN-Systems. Was er außerdem schätzt: „Bei jedem Gießvorgang findet ein automatischer Abgleich der Soll- und Istwerte statt.“ Mit weiteren Produktionswerten (Ofendruck beim Start, Solldruck, Istdruck, Argonverbrauch beim Gießen, Anpressdruck der Form Soll und Ist, Temperatur beim Gießen) werden diese Daten archiviert und können zur kontinuierlichen Verbesserung des Gießergebnisses genutzt werden. „So lässt sich nachhaltig Kreislaufmaterial reduzieren und minimale prozessbedingte Ausschussraten garantieren. Weiterhin garantiert das Verfahren eine höchstmögliche Reproduzierbarkeit und Automatisierung im Sinne einer modernen Industrie 4.0-Produktion.“

Weitere Erfahrungswerte aus der Praxis ergeben sich in Bezug auf die Betriebsorganisation und den Produktionsprozess:

- > Gießen in kurzen Taktzeiten mit geringem Personalaufwand erhöht die Produktivität der Gießerei,
- > Entlastung des Personals: Arbeiten mit einem hohen Konzentrationslevel und sich ständig wiederholenden Abläufen lassen sich automatisieren und kontinuierlich optimieren,
- > Anschnitt- und Speisersystem können kleiner ausgelegt werden, sodass sich die Menge an Kreislaufmaterial reduziert,
- > beim Füllen der Formen werden Eingießunterfüllungen vermieden, was den Ausschussanteil verringert,
- > turbulenzfreier Eintritt der Schmelze in das Anschnittsystem,
- > vollständige Formfüllung in minimaler Zeit, insbesondere bei komplexem und dünnwandigem Guss,
- > konstante Gießtemperatur,
- > Möglichkeit der Adaption bestehender Produktionslinien (Bild 3).

Fazit

Bei der Gegenüberstellung von herkömmlichen Verfahren nach dem Prinzip des Schwerkraftgießens auf der einen Seite und dem zukunftsorientierten Niederdruckgießverfahren auf der anderen, sind die Vorteile für letztgenanntes Verfahren deutlich geworden. Es zeigt, dass mit dem Niederdruckgießen der Stahlguss für zukünftige Anforderungen fitgemacht werden kann, auch im Automobilbau und der angeschlossenen Zulieferindustrie. Das ist insbesondere bedeutsam durch den enormen Markt- und Margendruck



Bild 3: Einbindung des OCN-Systems in eine bestehende Anlage.

auf die verbleibenden Komponenten des Verbrennungsmotors. In der Praxis des Niederdruckgießverfahrens bedeutet das, dass sich für die Herstellung von Stahlgussteilen verschiedenste neue Möglichkeiten ergeben. Das ist einerseits die Optimierung bestehender Bauteilserien und -typen für eine kosten- und ressourceneffiziente Herstellung im Niederdruckgießverfahren, andererseits besteht die Möglichkeit, neue Märkte gegenüber alternativen Fertigungsverfahren zu erschließen und umkämpfte Märkte zu behaupten.

Leichtbaustrukturen aus hochfesten Materialien, insbesondere für Großserien in der Automobilindustrie, werden ermöglicht, ebenso die Herstellung dünnwandiger Stahlgussteile, die eine wichtige Voraussetzung für zukünftige Anwendungen sind, die auf den veränderten Anforderungen aus der E-Mobilität fußen. Dünnwandige Stahlgussteile ermöglichen den besten Kompromiss zwischen dem Design einerseits und den Komponenten- und Systemkosten andererseits. Das gilt insbesondere für Knotenpunkte und Verbindungselemente der Rohkarosserie [7] sowie andere strukturell relevante Teile zukünftiger E-Mobilitäts-Fahrzeuge im Pkw- und Nutzfahrzeugsektor.

In Bezug auf Umwelt und Nachhaltigkeit spart das Niederdruckgießen gegenüber herkömmlichen Verfahren nicht nur Energie durch die geringeren Mengen an Einsatzmaterial. Da der CO₂-Ausstoß der Stahlproduktion etwa sechs Mal geringer ist als bei der Herstellung vergleichbarer Aluminiumprodukte, gewinnt der leichte Stahlguss gerade in Zeiten, in denen es auf Ressourcen- und Energieeffizienz ankommt, enorm an Bedeutung. Wichtig ist auch der Faktor Zeit: Wer jetzt handelt,

kann die Möglichkeit für ein Alleinstellungsmerkmal ergreifen - und die Erschließung neuer Gussteile und Märkte.

www.abpinduction.com

Markus Hagedorn, Sales Manager Liquid Metals, ABP Induction Systems GmbH, Dortmund.

Literatur:

- [1] L. Hartmann, *Niederdruckgießen, ein wirtschaftliches Verfahren*, WFO Technical Forum, 2007.
- [2] e-mobil BW GmbH, *Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg: Leichtbau in Mobilität und Fertigung*, 2012.
- [3] M. Albert, *MAC GmbH; Stahl noch dünnwandiger gießen - ist das möglich?*, Deutscher Gießereitag 2013.
- [4] F.-J. Wöstmann, *Interview mit Michael Braun*, Medienhaus Waltrop, 2020
- [5] *Gießerei 100 (2013), [Nr. 10], S. 29-34.*
- [6] *elektrowärme international (2013), [Nr. 4], S. 29-34.*
- [7] H. Wäcken, *BMW Group, Vortrag Gießtechnik und E-Mobilität*, 2019.

**MIT UNSEREN
INTERFACE-LÖSUNGEN
WERDEN MESSWERTE
ZU ERGEBNISSEN.**

DIE BOBE-BOX:

Für alle gängigen Messmittel, für nahezu jede PC-Software und mit USB, RS232 oder Funk.

BOBE
INDUSTRIE-ELEKTRONIK

IHRE SCHNITTSTELLE ZU UNS:
www.bobe-i-e.de