



Bei Combicore-Kernen unterstützt eine in den Formstoff eingebettete Drahtwendel den Ausformprozess.

## Combicore-Kerne für das Druckgießen und andere Gießverfahren

Hinterschneidungen sind beim Druckgießen schwer zu realisieren, denn die standardmäßig eingesetzte Schiebertechnologie ist an gerade Achsen gebunden. Weil herkömmliche Sandkerne wegen hoher Beanspruchung nicht eingesetzt werden können, stellen Combicore-Kerne eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative dar. Dank ihrer Metallhülle sind diese Salzkerne hochstabil. Sie werden deshalb im Automotive-Bereich z. B. für Öl- oder Kühlkanäle verwendet. Die Metallhülle der Kerne verbleibt als schützende Kanalwand im Gussteil, während der Salzkern per Hochdruckwasserstrahl aus dem Bauteil gewaschen wird. So wird das endkonturnahe, ressourceneffiziente Gießen leichter Bauteile möglich.

VON SUSANNE RUPP UND FRANK HEPPE, ALTLEININGEN, DEUTSCHLAND

Mit Combicore-Kernen realisieren Gießereien komplexe Hinterschneidungen und Hohlräume in verschiedenen Gießverfahren. Dabei sind

die Kerne auch bei Gießdrücken über 1000 bar formstabil und haben sich bestens im Druckgießverfahren und mit optimierten Eigenschaften auch in anderen Gießverfahren bewährt (Bilder 1 und 2).

Insbesondere im Automotive-Bereich werden mit Combicore-Kernen verschiedene Kanäle und Hohlräume für Öl, Was-

ser und andere Kühlmittel bereits während des Gießprozesses abgebildet (Bild 2). „In einem Guss“ entstehen mit diesen Kernen endkonturnahe, leichte Bauteile, die modernen Anforderungen entsprechen und Material sowie andere Ressourcen auch im späteren laufenden Betrieb schonen.

Insbesondere im Druckgießverfahren werden hochwertige Bauteile in hohen Stückzahlen produziert. Dabei ist das Combicore-Verfahren sowohl für Muster und Prototypen als auch für den Großserieneinsatz mit mehreren Millionen Bauteilen bestens geeignet. Angepasste Combicore-Kerne können auch in anderen Gießverfahren, beispielsweise im Sandguss für den Vorserien- und Prototypenguss, eingesetzt werden. Combicore-Kerne und deren Anwendung wurden bereits mehrfach prämiert und ausgezeichnet.



**Bild 1:** Die Kerne sind bestens für das Druckgießen geeignet und behalten ihre Form auch bei Gießdrücken weit über 1000 bar.



**Bild 2:** Beim internationalen Druckgusswettbewerb prämiierter Kühlkörper für die Hybridtechnik mit eingegossenem Combicore-Kanal.

## Konventionelle Verfahren und neue Herausforderungen

Im Druckguss werden anspruchsvolle Bauteile in hohen Stückzahlen gefertigt. Motorblöcke, Kühlelemente (Bild 2) oder Getriebegehäuse sind typische Anwendungen im Automotive-Bereich.

Traditionell werden im Druckgießverfahren axial bewegliche Schieber für die Realisierung von Hohlräumen eingesetzt. Diese Technologie ist jedoch an gerade Achsen gebunden und kann komplexe Hohlräume kaum abbilden. Ebenso wenig können durch eine anschließende spanabhebende Bearbeitung des Gussteils komplexe Kanäle realisiert werden. Durch Bohren entstehen zudem häufig nicht benötigte Öffnungen, die wieder verschlossen werden müssen und das Risiko einer Leckage mit sich bringen. Wegen der hohen Gießdrücke konnten Gießkerne bislang nicht beim Druckgießen eingesetzt werden. Klassische Sandkerne kollabieren bei solchen Kräften und gepresste oder gesinterte Salzkerne ohne Metallhülle sind je nach Geometrie häufig ebenfalls sehr

zerbrechlich und mit Zusatzstoffen vermischt. Zudem ist der Energieaufwand bei deren Herstellung verhältnismäßig hoch. Damit waren komplexe Hinterschneidungen im Druckgießprozess bislang wirtschaftlich nicht darstellbar.

## Verlorene Kerne aus Salz und Metall

Die Drahtzug Stein combicore GmbH & Co. KG entwickelt und produziert die hochstabilen Combicore-Kerne im pfälzischen Altleiningen. Combicore-Kerne bestehen aus

- > einer festen Metallhülle und
- > einem Formstoff für den häufig noch porösen Kern.

Beim Leichtmetallgießen wird üblicherweise eine (dünnwandige) Aluminiumhülle mit einer Dicke ab 0,5 mm aus den Knetlegierungen AlMn1, AlMgSi0,5 oder

Reinaluminium verwendet (Tabellen 1 und 2). Für den Salz Kern hat sich handelsübliches Speisesalz (NaCl, Tabelle 3) ohne Bindemittel und andere Zusätze bestens bewährt. Dieser Formstoff ist thermisch stabil und leicht entkernbar.

## Herstellungsverfahren und Kerneigenschaften

Bei der innovativen Herstellung anwendungsspezifischer Kerne werden Verfahren der Schweiß- bzw. Fülldrahttechnik [1, 2] mit denen der Umformtechnik effizient und wirtschaftlich kombiniert [3]: Im Ausgangszustand ist die Kernhülle ein mehrere Meter langes Rohr der gewünschten Legierung, das auf eine Spule gewickelt ist. In der Regel handelt es sich dabei um ein mehr als 1000 m langes Rohr (Bild 3).

Auf speziellen Coilfüllanlagen wird der körnige Formstoff gleichmäßig in das Rohr eingebracht, wodurch leere, ungefüllte Be-

**Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung des metallischen Teils der Einlegerohre in % (Massenanteil) [7, 8].**

Legierung	Chemische Elemente in % (Massenanteil)											
	C	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	P	S	sonstige
EN AW 1050 (Al99,5)	-	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	-	0,07	0,05	-	-	0,03
EN AW 3103 (AlMn1)	-	0,50	0,70	0,10	0,90-1,50	0,30	0,10	0,20	-	-	-	0,05
EN AW 6060 (AlMgSi0,5)	-	0,30-0,60	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,60	0,05	0,15	0,10	-	-	0,05
Stahl E235 (St35)	≤0,17	0,15-0,35	-	-	≤1,20	-	-	-	-	≤0,025	≤0,025	

**Tabelle 2: Mechanisch-physikalische Eigenschaften des metallischen Teils der Einlegerohre (nach DIN EN 754-2, EN10305-3) [7, 8, 9].**

Legierung	Dichte in g/cm <sup>3</sup>	Wärmebehandlungszustand	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in MPa	Bruchdehnung A <sub>5</sub> in %	Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> im MPa	E-Modul in MPa	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C in W/(K · m)	Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C in MS/m	Wärmeausdehnungskoeffizient bei 20-200 °C in 10 <sup>-6</sup> /K
EN AW 1050 (Al99,5)	2,71	O	>65	>20	>20	65.000	210-230	34-36	23,6
EN AW 3103 (AlMn1)	2,73	F	>95	>25	>35	69.000	160-190	24-29	23,2
EN AW 6060 (AlMgSi0,5)	2,70	T4	>120	>16	>60	69.000	190-220	28-34	23,4
Stahl E235 (St35)	7,85	+N	340-480	>20	>300	210.000	48-58	9,3	11,5



**Bild 3:** Das auf eine Spule gewickelte, über 1000 m lange Rohr gewährleistet eine gleich bleibende Qualität und Maßhaltigkeit der späteren Kerne.

reiche ausgeschlossen werden können [4]. Das gefüllte Rohr wird anschließend durch Matrizen gezogen und im Durchmesser reduziert, wobei eine hohe Maßhaltigkeit erzielt wird. Durch diesen Umformprozess wird die darin eingebundene, in ihrer Porosität eingestellte Salzfüllung zum festen Kern. Eine Erwärmung des Rohres oder des Salzkerns findet nicht statt.

Die Metallhülle wird zusammen mit dem Salzkern auf Biegemaschinen (Bild 4), Automaten, Walzen, Pressen oder mit anderen Verfahren in die gewünschte Kontur gebracht. Das Salz bildet als Po-

sitivform den im Gussteil benötigten Hohlraum ab.

Auf diese Weise werden Kerne sowohl für Muster und Prototypen als auch für Kleinst- und Großserien mit mehreren Millionen Kernen kostengünstig entwickelt und in gleichbleibend hoher Qualität produziert. Je nach Auswahl der Fertigungsparameter werden verschiedene Kerneigenschaften erzielt, die sowohl den weiteren Produktionsablauf als auch den späteren Gießprozess beeinflussen. Combicore-Kerne mit anwendungsspezifischen Eigenschaften werden individuell

nach Kundengeometrie gefertigt, wobei auch das gewünschte Gießverfahren berücksichtigt wird. Häufig werden Kernegeometrien gemeinsam mit dem Kunden entwickelt und weiter optimiert. Auch eine umfassende Beratung seiner Kunden hinsichtlich sinnvoller Gießparameter ist dem Kernhersteller Drahtzug Stein combicore wichtig.



**Bild 4:** CNC-Biegemaschinen realisieren komplexe Geometrien der Combicore-Einlegerohre.

**Tabelle 3:** Kenndaten des Salzkerns für den Leichtmetallguss [10].

Natriumchlorid, NaCl, CAS-Nr. 7647-14-5

Gewicht: 58,44 g/mol

Schmelzpunkt: 801°C

Siedepunkt: 1461°C

Kristalldichte: 2,17 g/cm<sup>3</sup>

Schüttdichte: ca. 1,14 g/cm<sup>3</sup>

Wasserlöslichkeit: 358 g/l

Stoff ist nicht brennbar, schwach wasser-gefährdend (Einstufung nach der Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe (VwVwS))

Kein gefährlicher Abfall nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

## Haltebrücken und andere hilfreiche Vorbereitungen

Je nach Anwendung können Combicore-Kerne recht komplex sein. Ist ein Kern beispielsweise sehr filigran und mehrere Meter lang, können aufgeschweißte Haltebleche zusätzliche Stabilität bieten und das Einlegen in die Gießform erleichtern. Durch die Verbindung mehrerer Einzelkerne zu einem handlichen Paket können Roboter einfach greifen und sicher positionieren (Bild 5).

Insbesondere bei der Realisierung von Kühlkanälen kann die isolierend wirkende Oxidschicht auf der Aluminiumhülle störend sein. In diesem Fall wird diese durch Beizen und anschließendes Verzinken entfernt, sodass eine bessere Anbindung an die Schmelze erzielt wird. Combicore-Kerne werden nicht geschlichtet und im angelieferten Zustand von der Gießerei verarbeitet.

## Der Gießprozess

Combicore-Kerne sind in sämtlichen Gießverfahren einsetzbar. Beim Druckgießen bieten die hochstabilen Kerne viele neue Möglichkeiten hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Design und Umweltschutz. Neben dem Leichtmetallgießen können Combicore-Kerne mit anderen Kernmaterialien und -eigenschaften auch beim Schwermetallgießen eingesetzt werden.

### Druckgießprozess: Formstabil bei über 1000 bar Gießdruck

Die fertig geformten Kerne werden in der Regel von Robotern in die vorbehandelte und eingesprühte metallische Gussform eingesetzt. In der Form halten Sacklöcher und Nute den Kern.

### Schwerkraftgießen: Vakuum kann sinnvoll sein

Beim Sandgießen können Kernstützen das Fixieren des Combicore-Kerns erleichtern. Bei geringer Wanddicke und hoher Porosität des Kerns sollte beim Leichtmetallschwerkraftgießen ein Vakuum an den Kern angelegt werden. Kann der Salzkern wegen der zu realisierenden Geometrien nämlich nicht auf die Kristalldichte verdichtet werden, kommt es zu Lufteinschlüssen. Aufgrund der hohen Temperaturen expandiert diese Luft sehr schnell während des Gießprozesses. Damit dabei die Kernhülle nicht beschädigt wird, müssen solche Gase gezielt abgesaugt und aus dem Kern entfernt werden. Aufgrund des hohen Gegenstandsdrucks sind solche Gaseinschlüsse beim Druckgießen unbedeutend. Daher ist die Vakuumapplikation insbesondere bei der Verwendung von Kernen für Sandguss-



**Bild 5:** Einzelkerne können zu handlichen Kernpaketen zusammengefügt werden.

**Bild 6:** Durch Ziehen an der Wendel wird der Formstoff aus dem Rohr trocken herausbefördert und ein Initialhohlraum geschaffen.

prototypen zu beachten, wenn die folgende Serie mit den gleichen Kernen im Druckgießverfahren produziert wird. Da keine Bindemittel und Härter bei der Kernherstellung verwendet werden, entstehen während des Gießprozesses nicht die Emissionen, die üblicherweise im Sandgießverfahren auftreten. Bei Bedarf wird die Metallhülle des Kerns vor dem Gießen erwärmt und dadurch die Kühlwirkung auf die Schmelze reduziert. Insbesondere bei voluminösen und langen Kernen, die durch unterschiedlich dicke Gusswände führen, kann dies eine sinnvolle Maßnahme darstellen.

### Entkernen mit Wasser

In der Regel erfolgt direkt nach dem Gießprozess das Entkernen, wobei der Salzkern zerstört wird, während dessen Metallhülle im Bauteil verbleibt. Für das Entkernen wird üblicherweise ein gezielter Wasserstrahl verwendet. Dabei führen bereits geringe Drücke zum gewünschten Ergebnis. Um Korrosion zu vermeiden, wird das Wasser gezielt gelenkt und das übrige Bauteil bleibt trocken.

Zuvor kann eine in den Salzkern im Herstellprozess eingebundene Drahtwendel das Entkernen mechanisch unterstützen [5]. Durch Herausziehen der Wendel wird das Salz segmentweise trocken herausbefördert (Bild 6). Die Ausformhilfe benötigt einen Innenrohrdurchmesser von mindestens 10 mm. Auf die mechanische Ausformhilfe kann bei den meisten Anwendungen verzichtet werden. In der Re-



gel ist das Entkernen binnen der vom Produktionsprozess vorgegebenen Taktzeit von wenigen Sekunden möglich. Kerngröße und -geometrie sowie dessen Verdichtungsgrad bestimmen die Dauer des Ausformprozesses wesentlich. Damit bei komplexen Kerngeometrien der Wasserstrahl mit ausreichendem Druck auftrifft, kann eine Düse in das Bauteil eingeführt werden. Der Strahl wird damit gezielt an die zu entkernende Stelle geführt. Darüber hinaus bietet Drahtzug Stein combicore weitere anwendungsspezifisch optimierte Lösungen [6].

### Endkontrolle mit Dichtheitsprüfung

Wird der Salzkern mit Wasser entfernt, kann eine abschließende Dichtheitsprüfung die Qualitätskontrolle in der Gießerei ergänzen. Diese ist recht einfach in den Prozess integrierbar, wobei viele Kunden eine solche Druckprüfung ausdrücklich wünschen. Diese kann alternativ mit Druckluft im Rahmen eines Trocknungsprozesses durchgeführt werden. Häufig können Gießereien sowohl das Entkernen als auch die Druckprüfung mit bereits vorhandenen Einrichtungen durchführen. Der Hersteller Drahtzug Stein combicore bietet hierzu Beratung und individuelle Anpassungen.

# Metallische Gusswerkstoffe und Gussstücke

in europäischen und internationalen Normen



ISBN 978-3-87260-170-4

**49,00 €**

Ingolf Friederici  
2013 · 391 Seiten · 14,8 x 21,0 cm

92 EN-Normen und 17 EN ISO-Normen umfasst das Normenwerk zum Gießereiwesen, von der Bezeichnungssystematik über die Werkstoffeigenschaften, die technischen Lieferbedingungen sowie die bei der Erzeugung und Prüfung bedeutenden Bereiche wie Allgemeintoleranzen und Bearbeitungszugaben, Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Schweißen von Gussstücken, Modelleinrichtungen bis hin zu Prüfbescheinigungen und andere Arten von Prüfberichten.

**Giesserei-Verlag GmbH**

Postfach 102532 · 40016 Düsseldorf · Tel.: +49 211 6707-561 · Fax: +49 211 6707-547  
E-Mail: [annette.engels@stahleisen.de](mailto:annette.engels@stahleisen.de) · [www.giesserei-verlag.de](http://www.giesserei-verlag.de)

 **GIESSEREI**  
VERLAG



**Bild 7:** Stegkühlungen für Motorblöcke haben im flachen Bereich eine Innenhöhe von weniger als 1 mm.

### Bearbeitung der Bauteile und Recycling der Materialien

Nach dem Gießprozess wird das Gussteil auf Fräsmaschinen wie gewohnt bearbeitet. Bei eingegossenen dünnwandigen Aluminiumröhrchen ist der Werkzeugverschleiß geringer als bei herkömmlich verwendeten dickwandigen Stahlrohren, ebenso der Energieverbrauch. Der eingegossene Kanal bzw. die Legierung der Aluminiumkernhülle hat vergleichbare Eigenschaften wie das ihn umgebende Material, was auch das Recyceln und Einschmelzen von Ausschussgussteilen erleichtert. Zudem sind Stahl-Inlays 2,8 mal schwerer als vergleichbare Aluminium-Einleger. Sollen Salzkerne recycelt werden, können Gießereien gut die ohnehin vorhandene Abwärme nutzen und effektiv für das Verdampfen des Restwassers einsetzen. Das zurückgewonnene Salz kann anschließend wieder dem Stoffkreislauf zugeführt oder alternativ problemlos entsorgt werden.

### Anwendungen insbesondere im Automotive-Bereich

Typische Combicore-Anwendungen sind Motorblöcke, Zylinderköpfe, Getriebegehäuse, Bremsättel oder Kühlleitungen von Akkumulatoren (Bild 2) für Elektromobile. In solchen Gussteilen für den Automotive-Bereich können benötigte Kanäle für Öl-, Wasser und andere Kühlmittel recht komplex werden. Dabei können Combicore-Kerne mehrere Meter lange Hohlräume abbilden und auch sehr komplex oder filigran werden. Stegkühlungen für Motorblöcke haben beispielsweise im flachen Bereich eine Innenhöhe von we-

niger als 1 mm (Bild 7). Ein Film dokumentiert das vollständige Entkernen einer solchen Stegkühlung innerhalb weniger Sekunden (siehe QR-Code bzw. Webadresse am Ende des Artikels).

Insbesondere für Temperierungsaufgaben werden die Kerne aus der Pfalz gerne eingesetzt. Im Bereich der Hybridtechnik wurde eine Kundenanwendung, ein Kühlelement mit eingegossenem Combicore-Kanal, beim Internationalen Druckgusswettbewerb 2012 prämiert (Bild 2).

### Zusammenfassung

Combicore-Kerne sind ein wichtiger Meilenstein für das Druckgießen, weil dort Kerne bislang nicht eingesetzt werden konnten. Mit der Combicore-Lösung wird endkonturnahes Gießen möglich und Konstrukteure können neue Ideen verwirklichen und moderne, gewichtsoptimierte sowie ressourcen- und energieeffiziente Bauteile entwickeln.

*Dr. Susanne Rupp, Vertrieb/Projektmanagement, und Frank Heppes, Leiter Forschung und Entwicklung, Drahtzug Stein combicore GmbH & Co. KG, Altleiningen. [www.combicore.de](http://www.combicore.de)*



**Vollständiges Entkernen einer Stegkühlung für Motorblöcke in wenigen Sekunden in wenigen Sekunden**  
*bit.ly/1Talo1x*

### Literatur:

- [1] Verfahren zur Herstellung eines einen Metallmantel aufweisenden und mit einem pulverförmigen Material gefüllten Rohdrahts. Patent CH 463 246, 1966.
- [2] Gefüllter Schweißdraht. Patent CH 483 290; 1966, DE1 627 502, 1967.
- [3] Gießkerne und Verfahren zur Erzeugung von Hohlräumen in Gussteilen. Patent DE 100 17 556, 2000.
- [4] Vorrichtung zum Aufwickeln von drahtförmigem oder bandförmigem Material in mehreren Wickellagen auf eine angetriebene Trommel. Patent DE 25 09 413 C 3, 1975.
- [5] Urformkerne zur Herstellung umfangreich konturierter, hinterschnittener Hohlräume in Urformteilen, damit hergestellte Urformteile sowie Verfahren zur Herstellung, Anwendung und Entfernung der Kerne. Patent DE 10 2008 039 208, 2008.
- [6] Venturidüse mit veränderbarem nutzbarem Unterdruck. Patent DE 100 26 546, 2000.
- [7] Handbuch der Knetzwerkstoffe. Martinrea Honsel Germany GmbH, [www.honsel.com/uploads/media/Handbuch\\_der\\_Knetzwerkstoffe.pdf](http://www.honsel.com/uploads/media/Handbuch_der_Knetzwerkstoffe.pdf)
- [8] Nahtlose kaltgezogene Präzisionsstahlrohre für mechanische Anwendungen. Tenaris Dalmine, 2005. [www.tenaris.com/shared/documents/files/CB401.pdf](http://www.tenaris.com/shared/documents/files/CB401.pdf).
- [9] Bayrisches Online-Materialinformationssystem. [www.werkstoffe.de](http://www.werkstoffe.de).
- [10] Natriumchlorid in der GESTIS-Stoffdatenbank, 2015. [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu)