

# NEUE TECHNOLOGIEN FÜR DEN DRUCKGUSS

TECHNISCHE ARTIKEL & FALLSTUDIEN



## SCHMELZEBEHANDLUNG

Reinigungs- und Abkrätzgranulat bei Strukturgussbauteilen aus Aluminiumdruckguss

SMARTT - definierte Wasserstoffgehalte in Aluminiumschmelzen durch Rotorentgasung

Stabilisierte und gesicherte Schmelzequalität des gewichtsreduzierten Teils durch den Einsatz der SMARTT-Prozesssteuerung

Leistungsstarke Rotoren für eine optimale Metallbehandlung

## DRUCKGUSSVERFAHREN

WASCO\* - Innovative wasserlösliche Bindemittelsysteme für HPDC Anwendungen

Wie das Granulat- und Rotorsystem von Foseco Ihre Aluminium-HPDC-Gießerei verbessern kann

## TIEGEL

Verbesserung der Leistung von Tiegeln bei Nichteisenanwendungen





[linkedin.com/company/foseco](https://www.linkedin.com/company/foseco)



## Die Zukunft der Industrie ist die Nachhaltigkeit.

Wie kann man mit weniger mehr erreichen? Es bedeutet, den Ertrag und die Qualität zu steigern und gleichzeitig den Energie- und Materialverbrauch zu senken. Von den Emissionen ganz zu schweigen. Das ist die ultimative Herausforderung für die Nachhaltigkeit. Sind Sie bereit dafür? Wir schon. Wir sind Foseco.

**Think beyond.  
Shape the future.**

Was bedeutet  
eine nachhaltige  
Gießereiindustrie in  
der Praxis?



**VESUVIUS**  
A VESUVIUS GROUP COMPANY



## SCHMELZEBEHANDLUNG

Cleaning and dressing granulate for structural high-pressure die cast aluminum components

Autoren: Kerstin Berndt, Foseco Germany; Philip Schütten, Foseco Germany; Ronny Simon, Foseco USA

.....

SMARTT – definierte Wasserstoffgehalte in Aluminumschmelzen durch Rotorentgasung

Autor: Ronny Simon, Foseco USA

.....

Fallstudie: Stabilisierte und gesicherte Schmelzequalität des gewichtsreduzierten Teils durch den Einsatz der SMARTT-Prozesssteuerung

.....

Fallstudie: Process stability and minimisation of rejects through the use of advanced metal treatment technology

.....

Leistungsstarke Rotoren für eine optimale Metallbehandlung

## TIEGEL

Verbesserung der Leistung von Tiegeln bei Nichteisenanwendungen

Autor: Danièle Ung, Foseco Germany

.....

## DRUCKGUSSVERFAHREN

WASCO - Innovative wasserlösliche Bindemittelsysteme für Druckguss-Anwendungen

Autor: Vincent Haanappel, Foseco Netherlands; Thomas Linke, Foseco Germany

.....

CASE STUDY: Wie das Granulat- und Rotorsystem von Foseco Ihre Aluminium-HPDC-Gießerei verbessern kann

# REINIGUNGS- UND ABKRÄTZ- GRANULAT BEI STRUKTURGUSS- BAUTEILEN AUS ALUMINIUM- DRUCKGUSS

Autoren: Kerstin Berndt,  
Philip Schütten, Ronny Simon

---

In dieser Abhandlung wird detailliert und unter Teilnahme von Industrie (Magna Cosma) und Wissenschaft bewiesen, dass unter den heutigen technologischen Voraussetzungen der Einsatz von Granulat im Druckguss nicht nur unbedenklich, sondern auch wirtschaftlich, ökonomisch und ökologisch wichtig ist.





## EINLEITUNG

Der Einsatz von chemischen Produkten ist seit Jahrzehnten anerkannter Standard in Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruck-Gießereien, die Aluminiumlegierungen verarbeiten. Granulate werden zur Schmelzereinigung, Kornfeinung, Veredlung oder als Abkrätzmittel verwendet.

In der Vergangenheit erfolgte die Zugabe von Salzpräparaten wie Pulvern oder Tabletten in der Regel von Hand. Damit verbunden war eine unkontrollierte Zugabe und unzureichende Reaktion in der Aluminiumschmelze mit dem Risiko von Salzeinschlüssen im Gussteil. Die Folge sind Qualitätsprobleme beim Schweißen (Porenbildung) und bei der Wärmebehandlung (Blisterbildung). Im Druckguss steht daher immer wieder die Frage im Raum, inwieweit eine chemische Schmelzebehandlung möglich ist. Bei schweißbaren dünnwandigen Strukturbauteilen im Aluminium-Druckguss sind viele Giessereien zurückhaltend beim Einsatz von Granulaten.

Automobilhersteller als wichtige Endkunden für Gussteile sind trotz des hohen wirtschaftlichen Nutzens ebenfalls skeptisch. Risiken in der Serienproduktion und fehlende Untersuchungen in Verbindung mit einer Nachweispflicht bei Prozessänderungen überwiegen die bekannten metallurgischen und ökonomischen Vorteile bei einer chemischen Behandlung von Aluminiumschmelzen zur Herstellung von Strukturbauteilen.

Mit der Einführung des MTS 1500 Verfahrens und ständiger Rezepturoptimierung der Reinigungs- und Abkrätzgranulate hat sich die Technologie jedoch deutlich verändert. Fosco nahm das zum Anlass, die Anwendung von Granulaten mittels MTS 1500 Verfahren für Strukturbauteile neu zu bewerten. Diese Studie zum Langzeitversuch von Granulat im Druckguss wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Magna BDW technologies in Soest (Deutschland) und einem Experten für Formgebung, Werkstoffkunde und Schweißverfahren geplant und durchgeführt.

## DER MTS 1500 PROZESS

Das MTS (Metal Treatment Station) Verfahren ist eine Erweiterung der bewährten FDU (Foundry Degassing Unit) Rotorentgasung und bietet zusätzlich die Möglichkeit einer gleichzeitigen Zugabe unterschiedlicher Schmelzebehandlungsprodukte in die Schmelze. In diesem Verfahren wird das Behandlungsmittel über einen kontrollierten Strudel in die Schmelze dosiert. Der Strudel wird während der Zugabe sorgfältig gesteuert und ermöglicht eine sehr effektive Vermischung der Granulate mit der Schmelze. Hierdurch ergeben sich viele Vorteile, wenn man den Gesamtprozess betrachtet.

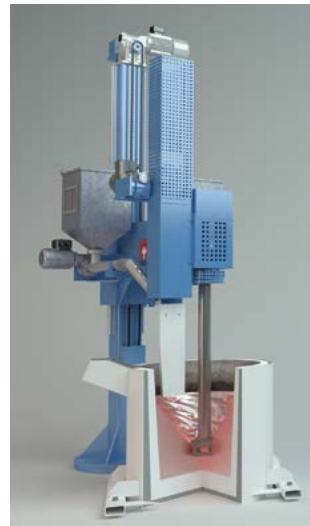


Bild 1: MTS Verfahren

### Metallurgische Vorteile:

- Gleichmäßige mechanische und physikalische Eigenschaften
- Homogene Mikrostruktur und Zusammensetzung
- Geringer Oxidgehalt
- Kontrollierte Gasporosität

### Ökonomische Vorteile:

- Reduzierte Behandlungskosten durch geringeren Inertgasverbrauch und Granulatbedarf
- Metallarme Krätze
- Reproduzierbare Schmelzequalität
- Erhöhte Zuverlässigkeit bei vermindertem Instandhaltungsaufwand

### Verbesserter Gesundheits- und Arbeitsschutz:

- Reduzierte Partikel- und Gasemissionen durch geringere Granulatzugabe
- Strudel zieht das Granulat unmittelbar nach Zugabe in die Schmelze ein und mischt es intensiv mit der Schmelze
- Granulat wird während der Behandlung umgesetzt, eine ungewollte Reaktion auf der Schmelzeoberfläche entfällt
- Bediener der Anlage ist nicht unmittelbar in den Behandlungsprozess eingebunden und befindet sich außerhalb eines potentiellen Gefahrenbereichs

### Verbesserter Umweltschutz:

- Verringerter Einsatz an Verbrauchsmaterialien
- Reduzierte Krätzemenge
- Verminderte Emissionen unter anderem von CO<sub>2</sub>
- Reduzierter Temperaturverlust durch kürzere Behandlungszeit (Energieeinsparung)

Eine komplette Übersicht zum MTS 1500 Prozess wird im Foundry Practice Artikel FP 247 (2007) „MTS 1500 - Automatisierte Schmelzebehandlung“ gegeben.

## AUFGABENSTELLUNG UND VERSUCHS- DURCHFÜHRUNG

Ziel dieses Langzeitversuchs war der Beweis, dass bei der Granulatzugabe mittels MTS Verfahren keine Rückstände im Gussteil verbleiben und somit kein negativer Einfluss auf die Gussteileigenschaften auftritt.

Für den Versuch wurde ein FDU MTS 1500 Leihgerät der Firma Foseco zur Verfügung gestellt und mit den von Magna Cosma verwendeten Foseco-Grafitverschleißteilen betrieben. Die Entgasungsparameter wurden vom vorhandenen Produktionsgerät übernommen sowie Zeiten und Drehzahl für die Strudelbildung evaluiert. Die Zugabemenge des Granulates hängt von den betrieblichen Verhältnissen, wie der Menge des eingesetzten Kreislaufes, der Legierung, der Behandlungstemperatur und der Pfannengeometrie ab. Daher wurde die optimale Zugabemenge in einem Vorversuch ermittelt.

Dazu wurde in 3 Versuchen jeweils unterschiedliche Zugabemengen (0,02%, 0,04% und 0,06% des Metallgewichts) des Granulates COVERAL ECO 2531 mittels MTS Verfahren zugegeben. Nach der Behandlung wurden Dichteindex-, Vmet- (Vesuvius Metall Analyse) und Krätzeproben genommen.

Anhand dieser Ergebnisse wurde für den Langzeitversuch eine Zugabemenge von 0,06% COVERAL ECO 2531 festgelegt, da diese sowohl die beste Metallqualität als auch das wirtschaftlichste Ergebnis lieferte.

### PARAMETER

Schaft FDU BKF 75/900.70  
Rotor MTS FDR 190.70  
Prallplatte I180 PL 04.500.2  
Legierung AlSi10MgMnFe  
Transportpfanne mit 650 kg Schmelze  
Temperatur 730 °C

## ANALYSEMETHODEN UND DEREN BEDEUTUNG FÜR DEN VERSUCH

### Dichte-Index

Der Dichte-Index ist der Quotient der Dichte einer im Unterdruck erstarrten Probe gegenüber einer an der Atmosphäre erstarrten Probe und ist ein indirektes Maß für den Wasserstoffgehalt in der Schmelze. Da in der Unterdruckprobe während der Erstarrung aber auch bevorzugt Gas an Keimen wie Oxiden ausgeschieden wird, bedeutet ein niedriger Dichte-Index auch eine sehr gute und oxidarme Schmelzequalität. [1]

$$DI = (\rho_{\text{atm}} - \rho_{\text{80mbar}}) / \rho_{\text{atm}} \times 100\%$$

Dichteindex ist der mit Abstand meist genutzte Prozessparameter, welcher in der laufenden Produktion in der Praxis als Qualitätskontrolle dient, bevor die Schmelze vergossen wird. Die Messmethode ist kostengünstig und einfach in der Handhabung, auch wenn Sie nicht sehr selektiv ist. Der Dichteindex beschreibt die Gesamtheit an Wasserstoff und Oxiden in der Schmelze. Auch wenn der Dichteindex selbst zunächst keine Aussage darüber zulässt, in welcher Menge Wasserstoff oder Oxide vorhanden sind, ist der Dichteindex für diesen Langzeitversuch eine sehr aussagekräftige Größe.

Konstant niedrige DI-Werte lassen auf eine saubere Schmelze schließen und die hohe Anzahl von Messungen liefert eine ausreichend hohe statistische Sicherheit.

### Vmet Analyse

Die Vmet Analyse ist eine von Vesuvius speziell entwickelte Methode, die der qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Schmelzeinheit dient. Hierbei erstarrt die Probe in einer speziellen Kokille und es wird eine definierte Ebene zur weiteren Untersuchung genutzt.

Ein 1 cm<sup>2</sup> großes Stück der Probe wird metallographisch präpariert und mittels Rasterelektronenmikroskop vollautomatisch gescannt. Fehlstellen werden mittels Elektronenstrahl chemisch analysiert und in ihrer Größe vermessen. Die Resultate werden in 3 Kategorien (Poren, Aluminiumoxid und Oxide der Legierungselemente) aufgeteilt, sowie in 4 Größenintervalle (0,5-15 µm, 15-30 µm, 30-75 µm, >75 µm) kategorisiert.

Diese Methode ist aufgrund der automatisierten Messung sehr präzise, um etwaige Rückstände von Salz zu detektieren und eine Aussage über Schmelzeinheit in Bezug auf Oxide zu machen. Aufwand und Kosten der Vmet Analyse limitieren die Anzahl möglicher Proben.

### Aluminiumbestimmung in der Krätze

Bei diesem Verfahren wird der Aluminiumgehalt in der abgeschöpften Krätze nach einer Behandlung mit Granulat bestimmt. Dazu werden 750 g der Krätzeprobe mit 750 g Flussmittel vermischt, für 8 Stunden auf 800 °C erhitzt und mehrfach gerührt. Während dieser Zeit bilden sich 2 Phasen im Tiegel. Am Boden sammelt sich die Aluminiumphase, darüber setzt sich die oxidhaltige Salzphase ab. Anschließend lässt man den Tiegel erkalten und trennt die Phasen mechanisch voneinander. [Bild 2]



Bild 2: Metallphase und oxidhaltige Salzphase nach der Krätzeanalyse



Spezielle Vorschriften zur Homogenisierung der Krätzen und Probenahme stellen sicher, dass eine repräsentative Teilmenge untersucht wird.

Diese Messung dient zum einen der Berechnung von Gesamtprozesskosten und zum anderen der Überprüfung der korrekten Zugabemenge an Granulat.

#### Rasterelektronenmikroskopuntersuchung (REM)

Das Rasterelektronenmikroskop ermöglicht es, das Gefüge einer Probe sehr stark vergrößert zu betrachten und die chemische Zusammensetzung bestimmter Bereiche qualitativ zu messen.

Unser Experte für Werkstoffe untersuchte mittels REM unterschiedliche Dichte- und Bruchproben mit und ohne Granulatbehandlung auf etwaige Anomalien. Zwei der Proben wurden zusätzlich bei 540 °C für 1 Stunde geglüht, um mögliche Salzreaktionen auf der Bruchfläche zu visualisieren.

#### Röntgenfluoreszenzanalyse

Bei der energiedispersen Röntgenfluoreszenzanalyse RFA werden die Atome durch das Linien- und Bremsspektrum einer Röntgenröhre zur Aussendung ihrer charakteristischen Röntgenfluoreszenz-Strahlung angeregt.

Die von der Probe ausgehende Strahlung wird durch Monochromatisierung an Analysatorkristallen im Spektrometer so zerlegt, dass die Intensitäten einzelner Spektrallinien bzw. Spektralbereiche (wellenlängen-dispersiv) gemessen werden können.

Diese Methode dient dem Auffinden von Salzurückständen in der Dosierofenauskleidung. [Bild 3]

## ERFAHRUNGEN AUS DEM VERSUCH

Während der gesamten 8-wöchigen Versuchszeit wurden von jeder Transportpfanne - sowohl im Standardprozess als auch im MTS Prozess - regelmäßig Dichteindexproben genommen. Einmal wöchentlich wurden zusätzlich Vmet Proben aus der Transportpfanne und dem Dosierofen entnommen und mit dem Standardprozess verglichen. Die Restaluminiumbestimmung in der Krätze erfolgte im gesamten Versuchsablauf dreimal. Die Analyse der Bruchproben wurde wöchentlich, die Untersuchung des Ofenmaterials einmalig durchgeführt.

Während des Versuchszeitraums verbesserte sich die Sauberkeit im gesamten Prozess. Mitarbeiter berichteten mehrfach und unabhängig voneinander, dass sowohl die Pfannen als auch die Dosieröfen weniger verschmutzt sind und der Reinigungsvorgang deutlich erleichtert war. Die anfängliche Skepsis der Mitarbeiter gegenüber der neuen MTS Technologie mit Granulat verringerte sich dadurch wesentlich.

Für einen sicheren Prozess muss die Pfanne immer mittig unter dem Entgasungsgerät platziert sein. Unter Ver-

suchs- oder Produktionsbedingungen war dies nicht immer der Fall. Das Granulat reagierte teilweise an der Schmelzeoberfläche und es kam gelegentlich zu leichter Rauchentwicklung während der Behandlung. Es wurde eine Arbeitsbereichsanalyse durch ein fachkundiges Unternehmen zur Ermittlung des Gefahrenpotentials durchgeführt, um allen Beteiligten mehr Sicherheit zu verschaffen. Bei dieser Messung wurden A und E Stäube (alveolengängige und einatembare Stäube) sowie Fluoridmissionen bestimmt. Anhand dieser Werte wurde ermittelt, ob der Einsatz von Granulaten für Mitarbeiter und Umwelt gefährlich sein kann. Die Fluoridmissionen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die A und E Staubmenge befand sich im unteren Viertel des MAK Wertes (Maximale Arbeitsplatzkonzentration). Damit ist eine Gefährdung der Mitarbeiter und der Umwelt durch die Anwendung des Granulates ausgeschlossen.

Eine weitere Erkenntnis aus diesem Langzeitversuch ist, dass der Oxidgehalt einen wesentlichen Einfluss auf den Dichteindex hat. Wie Anfangs erwähnt, kann der jeweilige Einfluss von Wasserstoffgehalt und Oxidgehalt auf den Dichteindexwert nicht ermittelt werden. Die Verschleißteilgeometrie – Grafitrotor MTS FDR 190.70 – wurde sowohl für den Versuch, als auch den Standardprozess verwendet. Somit ist in Bezug auf die Effektivität der Wasserstoffentfernung mit keiner Änderung zu rechnen. Basierend auf über 250 Messwerten zeigt der Prozess ohne Granulatzugabe einen Dichteindex von unter 4 %, der Prozess mit Granulatzugabe immer unter 2 % Dichteindex. Durch diesen Versuchsaufbau können wir schlussfolgern, dass der durch den Granulateinsatz reduzierte Oxidgehalt in diesem Prozess etwa 2 % im Dichteindex ausmacht. Allgemein lässt sich schlussfolgern, dass der Einfluss der Oxide im Dichteindex deutlich höher ist, als bis jetzt vermutet.



Bild 3: Dosierofenauskleidung

## ERGEBNISSE

### Schmelzebehandlung

Der deutlich geringere Dichteindexwert nach einer Behandlung mit COVERAL ECO 2531 mittels MTS 1500 verglichen zum Standardprozess beweist eine bessere Oxidentfernung. Die Vmet-Analysen bestätigen diese Beobachtung und zeigen eine um den Faktor 6 verbesserte Schmelzeinheit.

	Dichteindex	Vmet Analyse	Restaluminium in der Krätze
Ohne COVERAL ECO 2531	< 4 %	460 Defekte	95 %
Mit COVERAL ECO 2531	< 2 %	75 Defekte	50 %

Tabelle 1: Ergebnisübersicht zur Schmelzeinheit

Neben der Qualität muss bei jeder Prozessoptimierung auch der wirtschaftliche Aspekt in Betracht gezogen werden. Basis hierfür ist eine Restaluminiumbestimmung der Krätze. Dieses eingesparte Metall verbleibt in der Pfanne und kann direkt in der ersten Wertschöpfungskette vergossen werden. Bei dieser Anwendung werden pro Pfanne ca. 3 kg Krätze abgeschöpft und verworfen. Der Einsatz von COVERAL ECO 2531 spart 45 % Aluminium in der Krätze, was 1,35 kg/Pfanne entspricht.

Die Übersicht zeigt ein Beispiel einer Prozesskostenbewertung (Stand Februar 2023). Weitere begünstigende Faktoren wie Ausschussreduzierung, verringerter Werkzeugverschleiß in der mechanischen Bearbeitung und kürzere Zyklen bei Ofen- und Pfannenreinigung werden in der Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt und liefern zusätzlichen Nutzen.


EVC-Berechnung für unseren Kunden		06.02.2023	
<b>Rahmenbedingungen / Bezugsgrößen Allgemein</b>			
Volumen Transportpfanne [kg]	650		
Volumen behandeltes Metall / Monat [t]	1000		
Legierungskosten (Metall + Energie) [€ / kg]	2,30		
Vergütung Krätzeverkauf [€]	0,80		
			
<b>Rahmenbedingungen / Bezugsgrößen Vergleich</b>		<b>Herkömmlicher Prozess</b>	<b>Foseco</b>
Granulat (Bezeichnung)		Ohne Granulat	Coveral Eco 2531
Zugabemenge Granulat [%]		0,00	0,06
Restaluminiumgehalt in der Krätze [%]		95	50
Krätzemenge [kg]		3,00	3,00
<b>Prozesskosten</b>		<b>Herkömmlicher Prozess</b>	
		<b>Menge [kg]</b>	<b>Wert [€]</b>
Metallverlust (Legierungskosten Metall + Energie)		2,850	6,56
Granulat		0,000	0,00
Kosten Verschleißteil			0,80
Vergütung Krätze		3,000	-2,40
<b>Summe / Behandlung</b>			<b>4,96</b>
		<b>Foseco</b>	
		<b>Menge [kg]</b>	<b>Wert [€]</b>
Metallverlust (Legierungskosten Metall + Energie)		1,500	3,45
Granulat		0,390	0,59
Kosten Verschleißteil			1,00
Vergütung Krätze		3,000	-2,40
<b>Summe / Behandlung</b>			<b>2,64</b>
<b>Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Transportpfanne</b>		2,32 €	
<b>Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / kg</b>		0,0036 €	
<b>Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Monat auf 1000t</b>		3.569,23 €	
<b>Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Jahr</b>		42.830,77 €	
<b>CO<sub>2</sub> Ersparnis bei Foseco-Prozess / Transportpfanne</b>		In kg CO <sub>2</sub> , 0,51	
<b>CO<sub>2</sub> Ersparnis bei Foseco-Prozess / kg in kg CO<sub>2</sub></b>		0,38	
<b>CO<sub>2</sub> Ersparnis bei Foseco-Prozess / Monat in kg CO<sub>2</sub></b>		783,70	
<b>CO<sub>2</sub> Ersparnis bei Foseco-Prozess / Jahr in kg CO<sub>2</sub></b>		9404,37	

Tabelle 2: Prozesskostenvergleich

### Untersuchung auf Salzkrückstände

Die Bruchprobenuntersuchung mittels Rasterelektronenmikroskop zeigt weder im Originalzustand noch im wärmebehandelten Zustand Spuren von irgendwelchen Salzkrückständen. [Bild 4]



Bild 4: Aluminiumprobe für REM Untersuchung – nach Wärmebehandlung

Die EDX-Analyse des Ofengesteins zeigt ebenfalls keine Anzeichen von Salzkrückständen. [Bild 5]

Analysenparameter	Einheit	Ergebnis
<b>Elemente / Kationen</b>		
Aluminium (Al)	%	12.6
Calcium (Ca)	%	4.4
Eisen (Fe)	%	0.07
Kalium (K)	%	0.05
Magnesium (Mg)	%	0.05
Natrium (Na)	%	0.26
Phosphor (P)	%	0.11
Silizium (Si)	%	32.2

Bild 5: EDX-Ergebnis der Ofenauskleidung

„Unser Experte für Werkstoffe kam nach seinen Untersuchungen zu der Aussage:

Eine negative Beeinflussung der Gussteilqualität hinsichtlich mechanischer Eigenschaften, Schweißbarkeit, Wärmebehandlung (Blisterbildung, Korrosionsverhalten) ist anhand der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen.“[2]



## ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem in diesem Artikel beschriebenen Vorgehen sollte untersucht werden, ob die Sorge vor negativen Folgen bei der chemischen Behandlung von Schmelzen für schweißbaren Druckguss begründet ist. Mit Hilfe eines hochwertigen und umfangreichen Versuchsaufbaus konnte schlussendlich bewiesen werden, dass durch den Einsatz von Granulaten mittels MTS Verfahrens eine bessere Schmelzequalität erzielt und der Prozess wirtschaftlicher und nachhaltiger gestaltet werden kann. Darüber hinaus wurde eindeutig festgestellt, dass die richtige Verwendung des Foseco-Schmelzebehandlungsmittels COVERAL ECO 2531 keine negativen Einflüsse auf die Gussteilqualität, die Schweißbarkeit oder die Korrosionsbeständigkeit mit sich bringt. Mit Hilfe modernster Labore und Untersuchungsmethoden unter Einbeziehung von unabhängigen Partnern aus Forschung und Entwicklung wurden diese Praxis-Versuche begleitet und abgesichert.

Dieses Projekt zeigt auf beeindruckende Weise, welche Vorteile die Verwendung von Schmelzebehandlungsanlagen nach dem Stand der Technik kombiniert mit dem Einsatz moderner Granulate mit sich bringen. Eine verbesserte Gussteilqualität, finanzielle Einsparungen inklusive des Returns of Investment eines neuen MTS Gerätes von einem Jahr, sowie einer massiven CO<sub>2</sub> Ersparnis von mehr als 9 Tonnen jährlich (bezogen auf 1000 Monatstonnen) sind Grund genug, bestehende Prozesse zu überdenken.

## REFERENZEN

<sup>1</sup> Gießerei Lexikon

<sup>2</sup> Abschlussbericht - Anwendung von Reinigungs- und Abkrätzsalz bei Strukturgussbauteilen aus Aluminium-Druckguss Langzeitversuch mit COVERAL GR 2531 (Magna, Foseco, Prof. Winkler)

**SIND WIR SCHON VERNETZT?**

Verpassen Sie kein neues Produkt, kein Webinar und keine Neuigkeit über uns.



[linkedin.com/company/foseco](https://linkedin.com/company/foseco)

## ÜBER DIE AUTOREN

Kerstin arbeitet seit 2006 für Vesuvius GmbH im Bereich Schmelzebehandlung für NE Metalle. Sie war in R&D, wo sie Granulate entwickelte, und wurde dann Produktmanagerin für Germalux. Jetzt ist sie Europäischer Produktmanager für Non-Ferrous Metal Treatment. Kerstin lebt mit Familie in Borken, ist sozial engagiert und tanzt gerne.

### MIT KERSTIN IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



kerstin.berndt@vesuvius.com

#### KERSTIN BERNDT

European Product Manager  
Non-Ferrous Melt Treatment



Philip kam 2015 zur Vesuvius in das Nicht-Eisen Vertriebssteam und arbeitet heute als Technischer Leiter NE für Nordeuropa. In dieser Position kooperiert er zusammen mit unseren Kunden, Partnern und unserem Management, um optimale Lösungen für die Gießereiindustrie zu finden. Privat verreisst Philip gerne mit seiner Frau und seinen zwei Kindern.

### MIT PHILIP IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



philip.schuetten@vesuvius.com

#### PHILIP SCHÜTTEN

Technical Manager  
Northern



Ronny ist seit 1998 bei Foseco und arbeitet im Bereich Nichteisen-Gießereien. Er war an der Entwicklung der MTS Technologie und der chemischen Produkte beteiligt. Er war Technical Manager Non-Ferrous EMEA und arbeitet jetzt für NAFTA. Ronny ist mit seiner Familie nach Cleveland, OH gezogen und erkundet die neue Umgebung.

### MIT RONNY IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



ronny.simon@vesuvius.com

#### RONNY SIMON

Technical Manager  
Non-Ferrous





## SMARTT – definierte Wasserstoffgehalte in Aluminiumschmelzen durch Rotorentgasung

AUTOR: Ronny Simon, Technical Manager Non-Ferrous

Die globalen Automobilhersteller sind ein wichtiger Kunde der Aluminiumgießereien. Für qualitativ hochwertige Gussteile wird eine prozesssichere und reproduzierbare Schmelzebehandlung in Verbindung mit einem optimalen Gießprozess

immer wichtiger. Insbesondere die Fahrzeugindustrie fordert reproduzierbare Prozesse. Die Schmelzebehandlung muss konstante Ergebnisse hinsichtlich Wasserstoff- und Oxidgehalt liefern. Viele Qualitätsmanagementsysteme fordern

eine 100 %ige Rückverfolgbarkeit der Produktion, wodurch intelligente Behandlungsprozesse mit der Möglichkeit zur Speicherung aller Daten immer mehr in den Fokus rücken.

### Einführung

Prozesssteuerung im Allgemeinen beschreibt, wie Gießereien die lückenlose Kontrolle über die einzelnen Komponenten und Produktionsschritte auf dem Weg zum fertigen Gussteil sicherstellen. Dabei leitet sich die Bedeutung von Prozesssteuerung und die strikte Einhaltung aller Parameter aus dem Ziel der Vermeidung von kostenintensiven Fehlern ab. Durch die enge Überwachung aller Prozessparameter können potentielle Fehler schneller erkannt werden, bevor sie später zu signifikanten Problemen führen. Der intelligente Einsatz aller Möglichkeiten zur Prozesssteuerung und -überwachung innerhalb eines Produktionsprozesses bietet zusätzliche Effekte, welche weit über das traditionelle Qualitätsmanagement hinausgehen:

- Erhöhte Produktivität der Bestandsanlagen
- Erhöhte Automatisierung und Verringerung des menschlichen

- Einflusses
- Weniger Nacharbeit, Abweichungen und Schrott
  - Erweiterte Produktionsmöglichkeiten und -kapazität.

### Was beeinflusst die Entgasung?

Bei der Rotorentgasung unterscheidet man zwischen Faktoren, die über einen längeren Zeitraum nahezu konstant bleiben, und Variablen. Legierungszusammensetzung, Tiegelgeometrie und Qualitätsanforderungen am Behandlungsende sind oft definiert und verändern sich nur unwesentlich. Gewöhnlich werden unterschiedliche Programme mit den jeweiligen Zeiten, Rotordrehzahlen und Spülgasmengen in der SPS-Steuerung hinterlegt. Basierend auf festen Vorgaben wählt der Bediener eines der Programme aus. Dabei ist die Anzahl der Programme begrenzt; und Parameter müssen manuell auf Prozessveränderungen angepasst werden. Zusätzlich besteht das Risiko,

dass der Bediener das falsche Programm wählt.

Andere Faktoren wie Lufttemperatur und -feuchtigkeit oder Schmelztemperatur verändern sich in größeren Bandbreiten. Der Einfluss dieser Schwankungen wird oft unterschätzt oder der Bediener versucht, diese Faktoren mit Hilfe seiner Erfahrungen zu kompensieren.

Die Wasserstoffkonzentration in der Schmelze wurde mit Hilfe der Entgasungssimulation für unterschiedliche Umgebungsbedingungen berechnet. Grundlage waren die Gießerei typischen Parameter aus Tabelle 1. Veränderungen in den Parametern zeigen den Einfluss auf das Entgasungsergebnis und den Wasserstoffgehalt am Ende der jeweiligen Behandlung.



Tabelle 1: Simulationsparameter

ATL 1000 mit 850 kg Schmelze	XSR 220 Rotor
AlSi7Mg	420 1/min
750 °C Schmelzetemperatur	20 l/min Inertgas
50 % Relative Luftfeuchtigkeit	20 l/min Formiergas mit 20 % Wasserstoff
25 °C Lufttemperatur	0,30 ml H <sub>2</sub> / 100 g Al Startkonzentration

### 1. Umgebungsbedingungen

Die Schmelze bildet mit der Luftfeuchtigkeit in der Umgebung ein Gleichgewicht; ein warmes und feuchtes Klima führt zu einem höheren Wasserstoffgehalt in der Schmelze als kaltes und trockenes Wetter (Abbildung 1).

Während der Rotorentgasung ist die Schmelze in Wechselwirkung mit der Atmosphäre. Die Entgasungssimulation zeigt den Einfluss unterschiedlicher Umgebungsbedingungen (Diagramm 1):

Begasungsbehandlungen mit Formiergas – einem Gemisch aus Wasserstoff und Inertgas – enden gleichermaßen unterschiedlich (Diagramm 2).

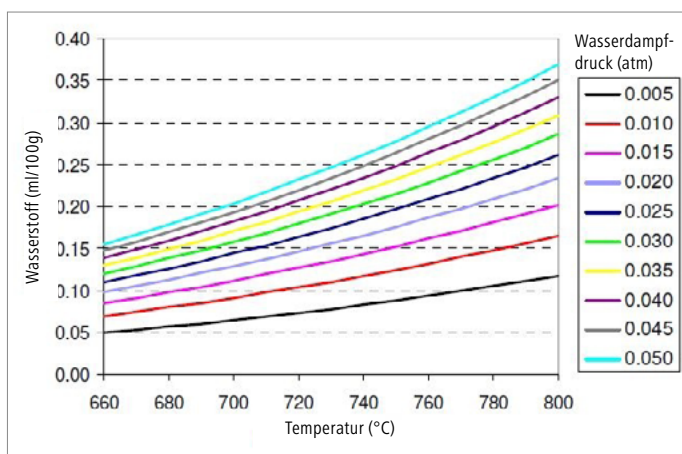


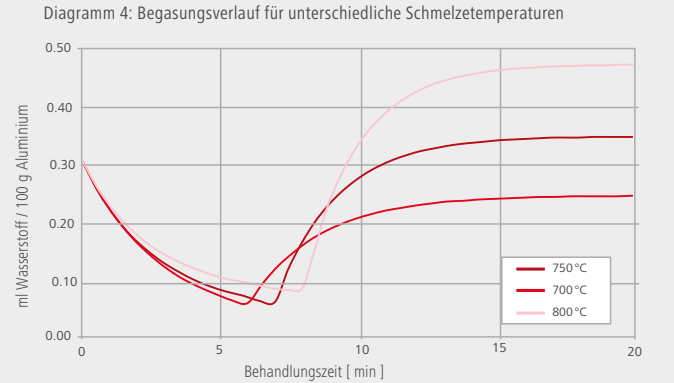
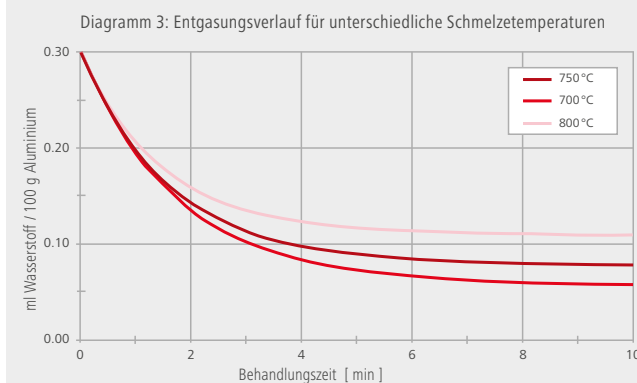
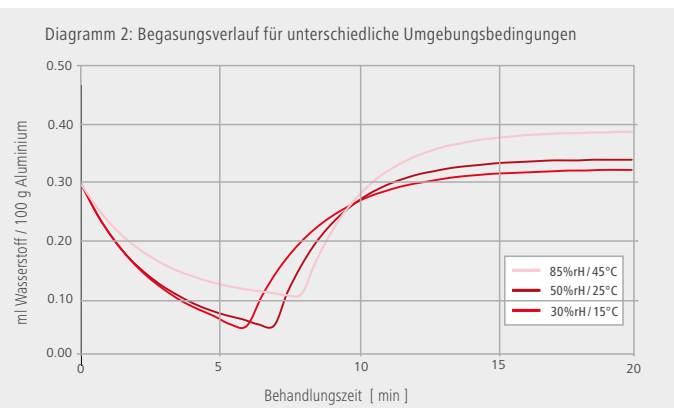
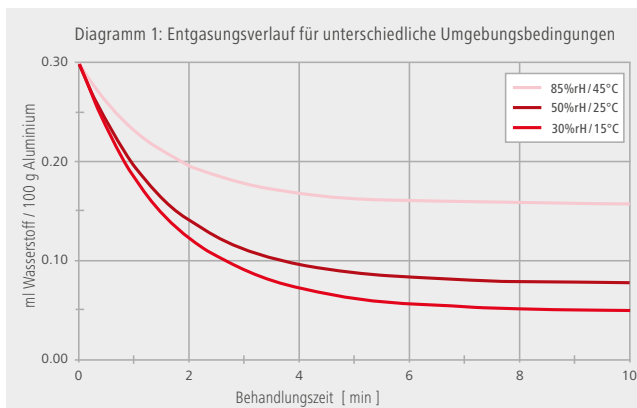
Abbildung 1: Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Wasserstofflöslichkeit  
(0,005 atm = 5°C / 50% rH; 0,050 atm = 35 °C / 90 % rH)

### 2. Schmelzetemperatur

Die Schmelzetemperatur beeinflusst ebenfalls das Gleichgewicht mit der Atmosphäre, Schmelze mit höherer Temperatur löst dabei mehr Wasserstoff (Diagramm 3).

Beim Einsatz von Formiergas sind diese Unterschiede für verschiedene Schmelzetemperaturen noch deutlicher (Diagramm 4).

Einen kompletten Bericht zu diesen Arbeiten finden Sie in der Foundry Practice 256 (2011).



### SMARTT – innovative Prozesssteuerung

SMARTT ist die Abkürzung für *self-monitoring adaptive recalculation treatment* – die Software analysiert die für eine Rotorentgasung notwendigen Ausgangsparameter unmittelbar vor jeder Schmelzebehandlung. Ziel ist eine konstante Schmelzequalität am Ende einer jeden Behandlung. SMARTT ist auf einem Windows-PC installiert; die Ein- und Ausgabe erfolgt über einen Touchscreen. Der PC ist über LAN mit der Siemens SPS, welche das Entgasungsgerät steuert, verbunden. Ein handelsüblicher Sensor misst relative Luftfeuchtigkeit und -temperatur und ist in der Nähe des Schaltschranks angebracht. Der Sensor erfasst dabei die Bedingungen, in denen die FDU Behandlung stattfindet; er überträgt diese Daten in Echtzeit an SMARTT, wo sie gespeichert und als Basis für die Optimierung genutzt werden.

Einen kompletten Bericht über SMARTT finden Sie in der Foundry Practice 264 (2015).

### Praxis der Entgasung

Für unterschiedliche Umgebungsbedingungen berechnet SMARTT die Parameter, um nach jeder Behandlung das Entgasungsziel zu erreichen. Mit steigender Lufttemperatur und -feuchtigkeit werden Rotordrehzahl und Inertgasdurchfluss erhöht, um den höheren Feuchtegehalt in der Atmosphäre zu kompensieren. Jede Optimierung beginnt bei der Minimum-Behandlungszeit, diese Zeit gewährleistet die notwendige Oxid- und Einschlussentfernung. Wenn Rotordrehzahl oder Inertgasmenge ihr spezifisches Limit erreicht haben, beginnt die Software die Behandlungszeit schrittweise zu erhöhen, um das Ziel zu erreichen (Tabelle 2, Abbildung 2). Eine maximale Behandlungszeit begrenzt den Prozess zur Vermeidung von zu hohem Temperaturverlust oder Mangel an behandelter Schmelze im nachfolgenden Gießprozess.

Schwankungen in der Schmelzetemperatur vor der Behandlung werden von SMARTT auf die gleiche Art und Weise ausgeglichen. Schlussendlich startet jeder Prozess mit spezifischer Rotordrehzahl, Spülgasmenge und Behandlungszeit. Dies geschieht immer mit dem Ziel eines konstanten Wasserstoffgehalts zum Ende der Behandlung. Versuche in Gießereien bestätigen das konstante Ergebnis unabhängig der Startbedingungen.

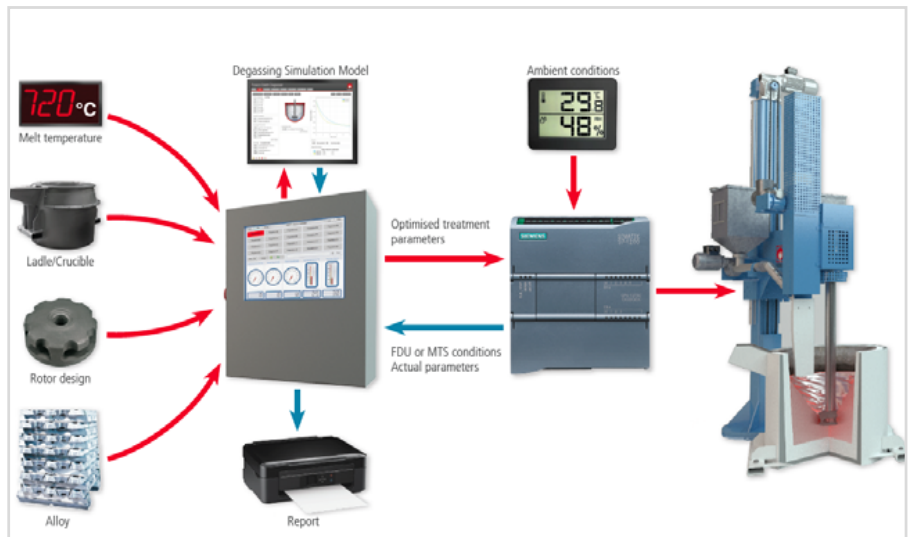


Abbildung 2: Schema einer SMARTT-Steuerung

BU 600 mit 530 kg Schmelze	0,06 ml H <sub>2</sub> / 100 g Al Behandlungsziel
AlSi8Cu3	Standardoptimierung
750 °C Schmelzetemperatur	240 s Minimumzeit
XSR 190 Rotor	500 s Maximale Zeit

Tabelle 2: Prozessparameter für SMARTT-Entgasung

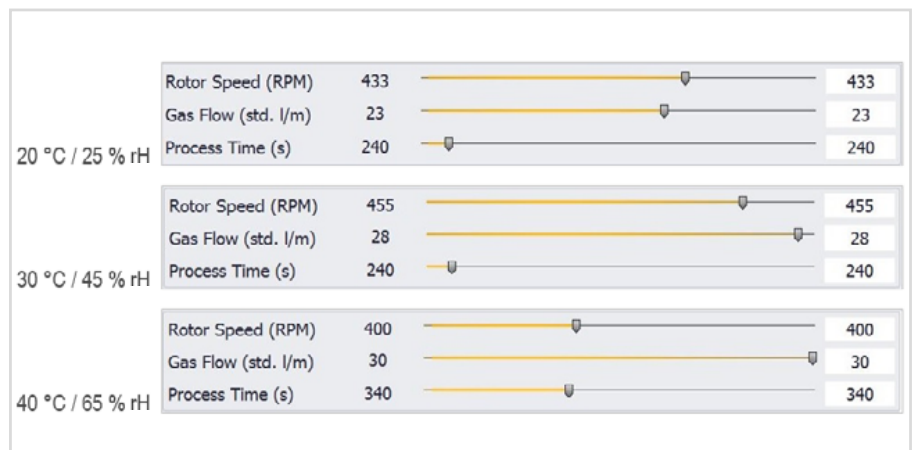


Abbildung 3: Behandlungparameter für unterschiedliche Umgebungsbedingungen

### Praxis der Begasung mit Formiergas

Einige Gussstücke wie beispielsweise Aluminiumfelgen erfordern einen definierten Wasserstoffgehalt. Üblicherweise sind sehr kurze Entgasungszeiten eingestellt, um nicht zu viel Wasserstoff aus der Schmelze zu entfernen. Dabei verbleiben jedoch besonders feine Oxide in der Schmelze. Durch den Einsatz von Formiergas – ein Gemisch aus N<sub>2</sub> oder Ar und H<sub>2</sub> – sind längere Zeiten realisierbar und Oxide werden besser entfernt. Erfahrungsgemäß sind die Schwankungen der Ergebnisse trotzdem noch beträchtlich. SMARTT ermöglicht eine

mehrstufige Behandlung, die mit Entgasen durch Inertgas beginnt. Daran schließen sich zwei Begasungsstufen an. Stufe 1 dosiert ausschließlich Formiergas bis zum Erreichen von etwa 90 % des Wasserstoffziels. In Stufe 2 werden Formiergas und Inertgas gemischt. Das Spülgas enthält den effektiven Wasserstoffgehalt, der das Gleichgewicht zwischen Schmelze, Atmosphäre und Behandlungsgas widerspiegelt (Diagramm 5).

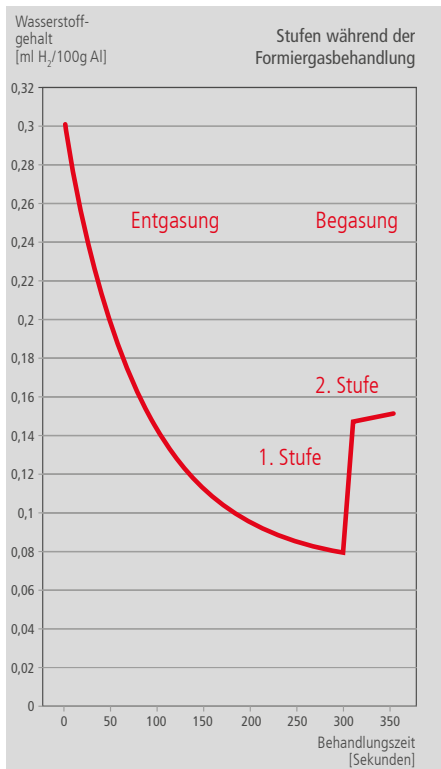


Diagramm 5: Mehrstufiger Begasungsprozess

Bei höheren Temperaturen nimmt Schmelze mehr und schneller Wasserstoff auf, wodurch sich die Zeit der ersten Stufe verringert. Stufe 2 wird in gleicher Weise beeinflusst, wodurch sich der notwendige effektive Wasserstoffgehalt im Spülgas reduziert. Die Spülgaszusammensetzung entspricht exakt dem Gleichgewicht zwischen der Wasserstoffaufnahme an der Schmelzeoberfläche und dem Spülgas. Unter diesen Bedingungen wird der Wasserstoffgehalt in der Schmelze auf immer gleichem Level gehalten; eine Gleichgewichtszeit von 30 bis 45 Sekunden reicht aus, um stabile Bedingungen einzustellen.

Die Massedurchflussregler für Inertgas und Formiergas mischen die errechnete effektive Gaszusammensetzung ohne menschlichem Einfluss. Die unterschiedlichen effektiven Wasserstoffgehalte im Behandlungsgas (Tabelle 4) verdeutlichen die Komplexität der Begasungsbehandlung. Es ist damit offensichtlich, dass nur eine computergesteuerte Simulation alle Variationen der Startbedingungen erfassen und zu optimalen Parametern zusammenfassen kann.

ATL 1000 mit 850 kg Schmelze	0,08 ml H <sub>2</sub> / 100 g Al Ziel für Entgasung
AlSi7Mg	0,15 ml H <sub>2</sub> / 100 g Al Behandlungsziel
50 % Relative Luftfeuchtigkeit	360 s Minimumzeit
25 °C Umgebungstemperatur	600 s Maximale Zeit
FDR 220 Rotor	45 s Gleichgewichtszeit (2. Stufe)
Standardoptimierung	20 % Wasserstoff im Formiergas

Tabelle 3: Prozessparameter für SMARTT-Begasung

Schmelze-temperatur		Rotor [rpm]	Inertgas [l/min]	Formiergas [l/min]	Zeit [s]	Effektiver H <sub>2</sub> -Gehalt
720 °C	Entgasung	315	16	0	360	0
	Stufe 1	400	0	35	28	20
	Stufe 2	400	26	9	45	5,3
740 °C	Entgasung	303	25	0	360	0
	Stufe 1	400	0	35	22	20
	Stufe 2	400	28	7	45	3,8
760 °C	Entgasung	309	30	0	360	0
	Stufe 1	400	0	35	17	20
	Stufe 2	400	30	5	45	2,8

Tabelle 4: Behandlungsparameter für mehrstufiges Begasen in Abhängigkeit der Schmelztemperatur

Die aktuelle SMARTT Version kommuniziert zusätzlich mit einer externen Temperaturquelle oder einem Handmessgerät. Externe Quelle kann ein vorhandenes Thermoelement aus Ofen oder Transportpfanne sein, welches die aktuelle Temperatur bereits an einen Datenserver schickt. Der Server wiederum aktualisiert die SMARTT-Software über Ethernet oder analoge Werte. Alternativ kann der Bediener ein Handgerät in die Schmelze tauchen, welches direkt mit SMARTT verbunden ist und die korrekte Starttemperatur unmittelbar vor der SMARTT-Optimierung speichert und überträgt.

Die Software enthält außerdem ein Berichtssystem. Alle Behandlungsdaten werden im Excel-Format gespeichert und können angezeigt oder extern weiterverarbeitet werden.

### Zusammenfassung

SMARTT – innovative Prozesskontrolle – stellt eine komfortable und übersichtliche Oberfläche zur Verfügung, um alle Startbedingungen einer Rotorentgasung zu bestimmen und daraus die besten Behandlungsparameter zu ermitteln. Diese Vorhersage für einen bestimmten Ziel-Wasserstoffgehalt erfolgt unter Beachtung von prozessbedingten Voraaben. Ein

Berichtssystem speichert alle Daten im Excel-Format und ermöglicht die Weiterverarbeitung in externen System.

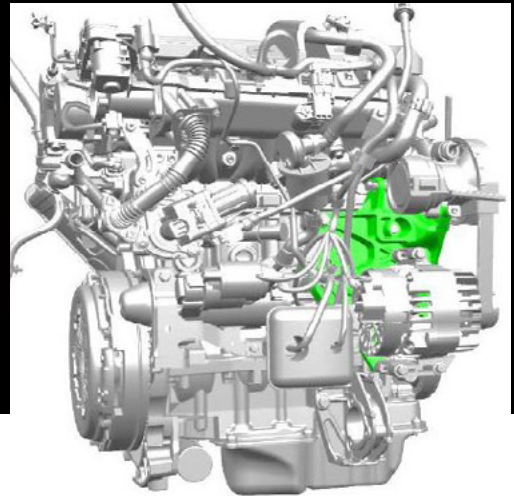
Durch die Verwendung von SMARTT zur Entgasung werden konstante Wasserstoffwerte auch unter variierenden Anfangsbedingungen erreicht. Die Ziele sind auf kostengünstigem Weg erreichbar, es müssen keine Abweichungen zusätzlich kompensiert werden. Dadurch wird Zeit, Energie und Inertgas gespart sowie Verschleiß an Grafitschaft und -rotor minimiert.

Beim Begasen, oft in Felgengießereien verwendet, haben selbst kleinste Veränderungen in den Umgebungsbedingungen oder der Schmelztemperatur erheblichen Einfluss auf den Wasserstoffgehalt nach der Behandlung. Diese komplexen Abhängigkeiten können nur über ein mathematisches Modell erfasst werden.

Die SMARTT-Software, basierend auf der Entgasungssimulation, ist eine intelligente Lösung für Rotorentgasungsprozesse in Aluminiumgießereien.



## Stabilisierte und gesicherte Schmelzebehandlung durch den Einsatz von SMARTT Prozesssteuerung



### KNOWLEDGE & PARTNERSHIP

#### DIE HERAUSFORDERUNG

Nachhaltigkeit und Kohlenstoffemissionen werden für die Automobilindustrie immer wichtiger. Der HPDC-Sektor zielt darauf ab, das Gewicht der Gussteile zu reduzieren und gleichzeitig die mechanischen Eigenschaften zu erhalten. Diese Studien decken viele Prozesse ab und die Schmelzequalität ist eines der wichtigsten Themen. HPDC-Hersteller benötigen eine hochstabile Schmelzequalität, um die Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Das Erreichen einer stabilen Schmelzequalität ist aufgrund vieler variabler Faktoren in der Gießerei und vor allem Faktoren, die wir nicht beeinflussen können, wie z. B. die Umgebungsbedingungen, recht schwierig.

#### GIESSEREI:

Can Metal-HPDC ist ein Unternehmen der Yeşilova Holding Group und ein führender Hersteller von Druckgussteilen in der Türkei, der sich auf den Automobilsektor spezialisiert hat. Can Metal-HPDC hat sich in der Automobilindustrie einen Namen für gleichbleibende Qualität, Zuverlässigkeit und Flexibilität gemacht. Das Werk ist mit einer Reihe von Druckgussmaschinen ausgestattet, die eine effiziente Produktion komplexer Serien ermöglichen und eine schnelle Lieferung von Druckgussteilen gewährleisten.

**VESUVIUS**

#### PARAMETER

**Legierung: AISi9Cu3**  
**Legierungsgewicht: 1.9 kg / 1.2 kg**  
**Legierungstemperatur: 710°C**  
**Entgasungszeit: 210 s**  
**Granulatzugabe: 240 g**

#### FOSECO PRODUKTE

**FDU MTS 1500**  
**SMARTT process control**  
**FDDR OX rotor / DSK OX shaft**  
**COVERAL\*2510 granular flux**

## LÖSUNG

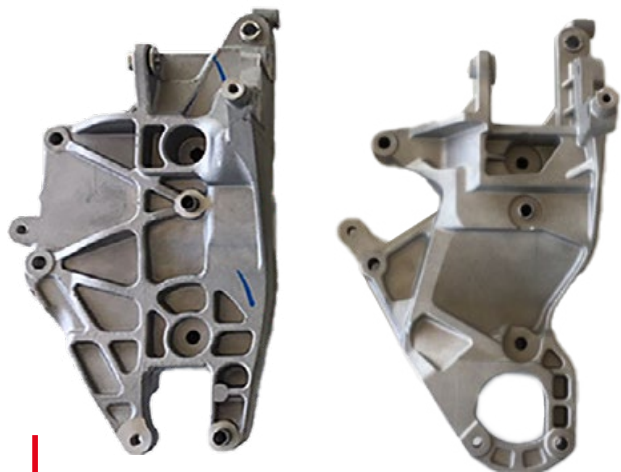
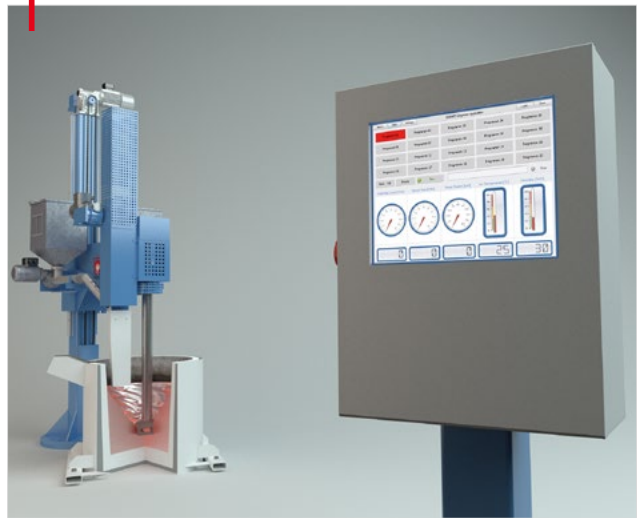
SMARTT ist eine speziell entwickelte Software für die Prozesssteuerung der Aluminiumentgasung. Die in die FDU-Anlage integrierte SMARTT- und MTS-Technologie sorgte dafür, dass geschmolzenes Aluminium in gleichbleibend stabiler Qualität gewonnen wurde. Auf diese Weise wird die Nachhaltigkeit der mechanischen Eigenschaften der gewichtsreduzierten Gussteile sichergestellt. Sie erfasst und analysiert alle Ausgangsvariablen und berechnet die optimalen Parameter für jeden nachfolgenden Entgasungs- und Aufgasungsprozess. Das Ziel dieser Optimierung ist es, eine gleichbleibende Schmelzequalität nach jeder Behandlung, unabhängig von den Ausgangsbedingungen.

- **Neu berechnete spezifische Parameter für jede Behandlung**
- **Hohe Prozesssicherheit**
- **Verkürzte Behandlungszeiten**
- **Niedrigere Oxidwerte**

## DAS ERGEBNIS

Die in die FDU-Anlage integrierte SMARTT- und MTS-Technologie sorgte dafür, dass geschmolzenes Aluminium in gleichbleibend stabiler Qualität gewonnen wurde. Auf diese Weise wird die Nachhaltigkeit der mechanischen Eigenschaften der gewichtsreduzierten Gussteile sichergestellt.

SMARTT und MTS Technologie für die Schmelzebehandlung



Originalteil (links) - gewichtsreduziertes Teil (rechts)

## Hohe Prozessstabilität und Minimierung der Ausschussrate durch den Einsatz von Schmelzebehandlungsmitteln und SMARTT



### KNOWLEDGE & PARTNERSHIP

#### DIE HERAUSFORDERUNG

Um die hohen Qualitätsanforderungen und Nachhaltigkeitsziele von VW zu erreichen, ist eine hohe Reinheit der Schmelze mit einer hohen Prozesssicherheit erforderlich. Die Einhaltung der Dichte-Toleranzen sowie eine Verbesserung der Umwelteinflüsse und Arbeitserleichterung waren die zusätzlichen VW-Anforderungen an FOSECO.

#### FOUNDRY:

Das Volkswagenwerk Hannover ist der Hauptsitz von Volkswagen Nutzfahrzeuge, einer Sparte der Volkswagen AG. In der Gießerei werden hauptsächlich Zylinderköpfe, Saugrohre und neu auch E-Motorgehäuse für den ID3 und ID4 hergestellt.

#### PARAMETER

**Legierung:** AlSi7Mg0,3  
**Kernherstellung:** Cold-Box Sandkern  
**Gussteilgewicht:** 7,5 kg  
**Gießgewicht.:** 10,5 kg  
**Gießtemperatur:** 740°C  
**Gießzeit:** 12 Sekunden  
**Formverfahren:** Schwerkraftkokillenguss

#### FOSECO PRODUKTE

FDU MTS 1500 Entgasungsgerät  
inkl. Rotoren und Schäfte  
SMARTT Prozesssteuerung  
NUCLEANT\* 1582 Kornfeinungsmittel



## UNSERE LÖSUNG

SMARTT ist eine speziell entwickelte Software zur Prozesssteuerung der Aluminiumentgasung. Diese erfasst und analysiert alle Anfangsvariablen und berechnet die optimalen Parameter für den jeweils folgenden Entgasungs- und Begasungsprozess. Ziel dieser Optimierung ist eine gleichmäßige Schmelzequalität nach jeder Behandlung, unabhängig von den Ausgangsbedingungen.

SMARTT berechnet die Rotordrehzahl und die Inertgasmenge und sendet diese Daten zu Beginn der Behandlung an die Steuerung des Gerätes. Unterschiedliche Optimierungsmodi (Highspeed, geringe Gasmenge, geringer Verschleiß, Standard) bieten dem Bediener weitere Optionen und Arbeitserleichterungen, die geforderte Schmelzequalität zu erreichen.

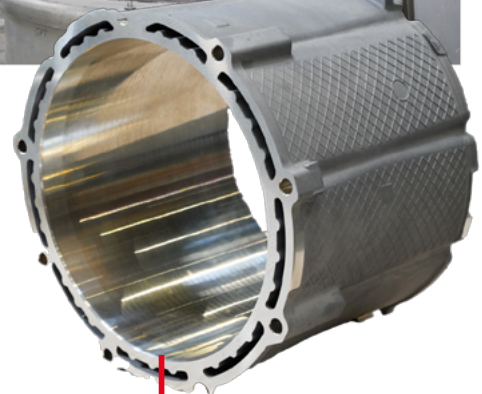
## HAUPTVORTEILE

- **Vollautomatischer Prozess (Oxidentfernung, Kornfeinung, Aufgasung)**
- **Hohe Prozesssicherheit**
- **Kürzere Behandlungszeiten; dadurch geringerer Strom- und Gasverbrauch**
- **Senkung der Ausschussrate um >10%**

## DIE VERBESSERUNG

Durch die Kombination von SMARTT und NUCLEANT 1582 erreicht VW eine kontinuierliche Automatisierung des Schmelzebehandlungsprozesses mit konstanten Bedingungen, Einhaltung der Dichtetoleranzen und damit eine Reduzierung der Arbeitsbelastung der Mitarbeiter. Diese Kombination ermöglicht eine starke Reduzierung der Ausschussrate um mehr als 10 %, was direkt zur Einsparung von Geld, Stromkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen beiträgt.

SMARTT Prozesssteuerung für die Rotorentgasung von Aluminiumschmelze



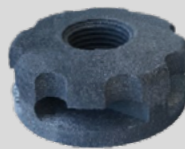
E-Motor Gehäuse

# HOCHLEISTUNGSROTOREN FÜR EINE OPTIMALE SCHMELZEBEHANDLUNG

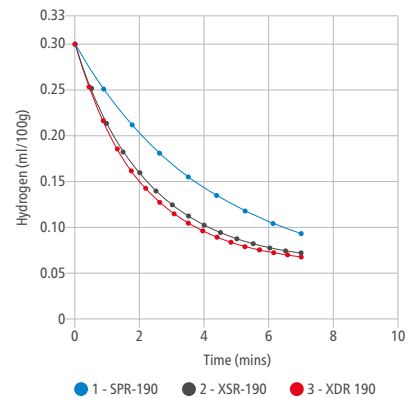
Mehr Leistung und weniger Kosten

## XDR Rotor

- + Typischerweise 250 - 400 U/min für die Entgasung
- + Typischerweise 400 - 600 U/min für Vortex
- + für alle Aluminiumussteile und Anwendungen
- + Oxidentfernung mit körnigem Flussmittel
- + verfügbares Material: Graphit
- + tiefere Rotoren = stärkeres Pumpen und längere Lebensdauer (geeignet für HPDC)

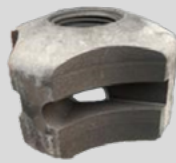


Stärkere Entgasungsleistung als XSR & SPR

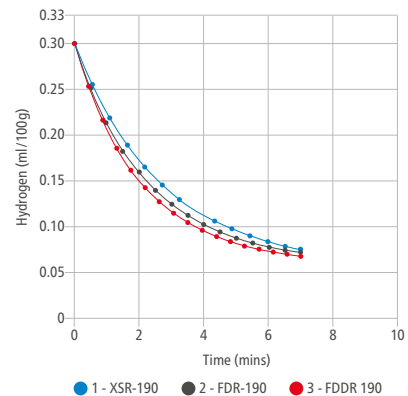


## FDDR Rotor

- + typischerweise 200 - 350 U/min für die Entgasung
- + typischerweise 350 - 550 U/min für Vortex
- + für alle Aluminiumussteile und Anwendungen
- + Oxidentfernung mit körnigem Flussmittel
- + verfügbares Material: Graphit
- + tiefere Rotoren = stärkeres Pumpen und längere Lebensdauer (geeignet für HPDC)

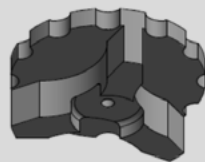


Stärkere Entgasung als FDR & XSR

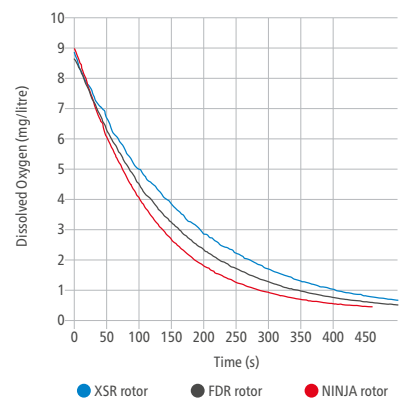


## DIAMANT NINJA Rotor

- + typischerweise 200 - 350 U/min für die Entgasung
- + typischerweise 350 - 550 U/min für Vortex
- + für alle Aluminiumussteile und Anwendungen
- + Oxidentfernung mit körnigem Flussmittel
- + verfügbares Material: DIAMANT-Keramik
- + geeignet für Druckguss (HPDC)



Vergleich der Wassermodellierung von XSR - FDR - NINJA-Rotoren



Wir haben den passenden Rotor für Ihren Prozess und alle anderen Lösungen

[KLICKEN SIE HIER](#), um unsere gesamte Produktpalette zu sehen



# VERBESSERUNG DER LEISTUNG VON TIEGELN BEI NICHTEISENANWENDUNGEN

Autorin: Danièle Ung

Tiegel spielen eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Energieeffizienz und der Umweltverträglichkeit von Nichteisen-Gießverfahren. Dank der jüngsten technologischen Fortschritte wurden Tiegel entwickelt, die eine höhere thermische Leistung erbringen und eine gleichmäßigere und längere Betriebsdauer aufweisen. Die Installations- und Betriebspraktiken sind jedoch ebenfalls entscheidend, um eine gleichbleibende Leistung der Tiegel zu erreichen. Daher sollten die empfohlenen Verfahren sorgfältig befolgt werden, um sicherzustellen, dass die Gießereien das Beste aus ihren Tiegeln herausholen.



Abbildung 1: Foseco Tiegel



## EINFÜHRUNG

Tiegel haben in der Nichteisenmetallgießerei drei sich überschneidende Funktionen:

- Schmelzen.
- Halten der Schmelze auf einer bestimmten Temperatur.
- Transport der Schmelze in den Gießbereich.

Vor allem die ersten beiden sind besonders energieintensive Einsatzbereiche. Einer Schätzung zufolge entfallen 60 % des Energieverbrauchs und 40 % der Energiekosten einer typischen Gießerei auf das Schmelzen und Warmhalten von geschmolzenem Metall.<sup>1</sup> Die Verbesserung der Energieeffizienz dieser beiden Prozesse bringt daher erhebliche Vorteile für die Kosten und den ökologischen Fußabdruck der Gussproduktion.

Die Herausforderung, die Energieeffizienz eines Tiegelofens zu verbessern, ist jedoch keine einfache Aufgabe, da sie teilweise auf die konkurrierenden Anforderungen zurückzuführen ist, die sich aus seiner Rolle beim Schmelzen des Metalls und dem gleichzeitigen Aufrechterhalten der erforderlichen Temperatur ergeben. Zunächst einmal muss der Tiegel in einem bestimmten Zeitrahmen eine festgelegte Menge an Legierung schmelzen. Jegliche Verzögerung oder Leistungseinbuße kann die Produktionskapazität verringern und den Gussprozess verlangsamen. In diesem Fall ist eine effiziente Wärmeleitung vom Tiegel zum geschmolzenen Metall im Inneren der entscheidende Faktor. Allerdings verhält es sich genau umgekehrt, wenn das Metall in geschmolzener Form gehalten werden soll.<sup>2</sup> Die richtige Berücksichtigung der thermomechanischen Eigenschaften bei der Konstruktion des Tiegels ist daher unerlässlich.

Darüber hinaus sollten die Tiegel über die Lebenszeit eine konstante Leistung erbringen, die möglichst stabil bleibt. Dies erfordert die Berücksichtigung der für die Herstellung des Tiegels verwendeten Materialien und Verfahren sowie

der Art und Weise, wie sie gehandhabt werden. Wie ein Experte feststellte, ist die Praxis der Kunden in der Branche so unterschiedlich, dass es extrem schwierig ist, die Effizienz eines Ofens mit seinem eigenen Tiegel zu korrelieren.<sup>3</sup> Dies zeigt, wenn es darum geht, eine optimale Leistung zu erzielen, wie wichtig sowohl eine ordnungsgemäße Schulung des Bedienpersonals als auch die Anwendung bewährter Verfahren bei der Installation und Handhabung des Tiegels sind.

Erschwerend kommt hinzu, dass es sich bei den Tiegeln nicht um ein Standardprodukt handelt, sondern dass sie im Fassungsvermögen, Größe und Design mit teilweise mehr als 3 Tonnen Volumen, auch noch unterschiedliche Anforderungen der Metallqualitäten zu berücksichtigen sind. Dieser Artikel befasst sich mit mehreren technischen Innovationen im Bereich der Tiegel, die die Energieeffizienz und die Betriebsdauer verbessert haben. Er schließt mit einer Betrachtung der besten Praktiken bei der Pflege von Tiegeln.

## TECHNISCHE VERBESSERUNGEN

Die meisten Schmelztiegel für den Nichteisenmetallguss werden aus tongebundenem Graphit oder harzgebundenem Siliziumkarbid getrieben, rotationsgeformt oder isostatisch gepresst. Diese Materialien sind aufgrund ihrer Feuerfestigkeit und ihrer Kompatibilität mit Nichteisenlegierungen geeignet.

Durch technische Verbesserungen bei der Herstellung von Tiegeln können jedoch wichtige Vorteile erzielt werden, z. B. eine verbesserte Energieeffizienz, eine längere Lebensdauer oder eine bessere Oxidationsbeständigkeit. Dazu gehören:

- Anpassung des Herstellungsprozesses zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Konsistenz und Porosität.

- Anpassung der chemischen Zusammensetzung und der Materialspezifikationen zur Verbesserung der mechanischen Festigkeit, der Bruchzähigkeit, der thermischen Eigenschaften oder der elektrischen Eigenschaften des Rohmaterials, um nur einige zu nennen.
- Optimierung der Außenglasur oder der zusätzlichen Schutzschicht je nach den Bedürfnissen der Gießerei oder der Anwendung.

## VERBESSERUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS: ENERTEK\* TIEGEL<sup>4</sup>

ENERTEK-Tiegel sind eine Familie von Tiegeln, die so konzipiert und hergestellt werden, dass sie eine hohe thermische Effizienz sowohl im Schmelz- als auch im Warmhalteofenbetrieb bieten. Die Technologie wurde ursprünglich für das Schmelzen und für das Warmhalten von Aluminium entwickelt. 2017 wurde eine Lösung für die Zinkoxidproduktion (ENERTEK ZnO, Abb. 2) und kürzlich ein neuartiger Ansatz für Aluminium-Transferpfannen Anwendungen (ENERTEK ATL) vorgestellt.



Abbildung 2: ENERTEK ZnO Tiegel

Zu den wichtigsten Vorteilen der ENERTEK-Produktlinie gehören:

- Geringerer Energieverbrauch beim Schmelzen und Warmhalten durch:
  - o Verwendung von hochwertigen feuerfesten Materialien, die so zusammengesetzt sind, dass sie die Wärmeleitfähigkeit in einer bestimmten Gussanwendung maximieren

- o Bei der Herstellung wird das isostatische Pressen eingesetzt, um das Dichteprofil des Tiegelmaterials optimal zu gestalten und zu maximieren.
- Minimale Verringerung der Wärmeleitfähigkeit über die Zeit mit Hilfe von Feuerfestmaterialien, die so konzipiert sind, dass sie den Auswirkungen von Dauergebrauch und Alterung möglichst gut standhalten.
- Eine ausgewogene Wärmeleitfähigkeit in Verbindung mit einer langen Lebensdauer und Energieeinsparungen wird durch eine gute Feuerfeststabilität im Laufe der Zeit gewährleistet. Dadurch können maximale Lebensdauer und Energieeffizienz erreicht werden.
- Verringerung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks aufgrund der verbesserten Energieeffizienz und des daraus resultierenden geringeren Energieverbrauchs.

Bei Aluminiumgussanwendungen können ENERTEK-Standardtiegel in allen Standardausführungen von Schmelz- und Warmhalteöfen eingesetzt werden; sie sind jedoch in elektrischen Widerstandsöfen besonders effektiv. Zu den typischen Leistungsverbesserungen gegenüber anderen Tiegeltypen gehören eine Energieeinsparung von 5 % bis 15 % und eine deutlich geringere Temperaturschwankung innerhalb der Schmelze. In einem Beispiel konnte eine Gießerei in einem elektrisch Widerstands-Warmhalteofen das Temperaturdelta von 42 °C auf 26 °C absenken. Die Zieltemperatur von 677 °C wurde mit ENERTEK-Tiegel energiesparender eingehalten.

ENERTEK ZnO-Tiegel wurden für den Einsatz im direkten oder französischen Verfahren zur Herstellung von Zinkoxid sowie für die Produktion von Zinkstaub entwickelt. Die Temperaturen sind hier wesentlich höher als beim Aluminiumguss und erreichen etwa 1000 °C. Um eine Verdampfung der Zinkschmelze zu erreichen, und folglich ist der Energiebedarf im Prozess ein erheblicher und ein wichtiger Kostenfaktor für den Betrieb. Um einen optimalen thermischen Wirkungsgrad zu gewährleisten, sind ENERTEK ZnO-Tiegel mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit und Langlebigkeit ausgestattet. Dies ist direkt messbar in Energieeinsparung pro Tonne produziertem Zinkoxid. Zinkoxidbetriebe melden auch eine höhere Zinkoxidproduktion pro Schicht gemeldet. Ein Beweis für die hervorragende Wärmeübertragung der ENERTEK ZnO-Tiegel.

ENERTEK ZnO-Tiegel sind in vielen Standardformen und -kapazitäten erhältlich und können in die meisten Tiegelöfen eingebaut werden, ohne dass eine Änderung der derzeitigen Praxis erforderlich ist.

Zusätzlich zu den ENERTEK-Standardlösungen für Aluminium und Zinkoxid wurde die Produktpalette 2019 durch die Einführung von ENERTEK-ISO-Tiegeln für Induktionsschmelzen und Stranggießen sowie ENERTEK ATL für den Aluminiumtransfer aktualisiert.

Die ENERTEK-ISO-Tiegel sind spezielle „Duplex“-Tiegel, die die optimalen physikalischen Eigenschaften von Festigkeit und Zähigkeit mit einer hochisolierenden Vesuvius-Beschichtungstechnologie vereinen. Durch die Anwendung einer proprietären Beschichtungstechnologie wird eine relativ dünne Schicht (normalerweise 12 mm) aufgetragen, die die Wärmeleitfähigkeit eines Standardtiegels von 25-30 W/mK auf etwa < 2 W/mK reduziert.

Die hochisolierenden ENERTEK-ISO-Tiegel bieten signifikante Leistungsvorteile in Induktionsöfen, die zum Schmelzen von Edelmetallen und in kontinuierlichen Kupferproduktionslinien verwendet werden. Kunden, die die ENERTEK-ISO-Tiegel in der kontinuierlichen Kupferdrahtproduktion getestet haben, konnten die Ofentemperatur um über 60°C senken, was zu einer geringeren thermischen Belastung und somit einer längeren Lebensdauer der Tiegel führte. Darüber hinaus wurde eine Steigerung der Gießleistung und eine Reduzierung der Ausschussmenge beobachtet.

ENERTEK ATL-Tiegel bieten eine alternative Technologie für Gießereien, die Gießpfannen für den Schmelzetransfer oder ausgekleidete Pfannen verwenden. Diese Tiegel verwenden dieselbe Vesuvius-Isolierbeschichtung wie ENERTEK-ISO-Tiegel (Abb. 3). Sie bieten eine Reihe von Vorteilen in der Transferpfannen-anwendung, insbesondere einen geringeren Vorwärmbedarf der Pfanne - sowohl bei der Inbetriebnahme als auch im täglichen Betrieb - sowie einen geringeren Temperaturverlust der Schmelze von nur 1,5 °C pro Minute, verglichen mit 2-3 °C pro Minute bei Standard-Feuerfestpfannen. Außerdem erfordern sie im Betrieb nur sehr wenig Wartung oder Reparaturen und bieten eine bessere Schmelzqualität, da die Oxidbildung verringert ist und nach der Erstinstallation sind die Emissionen minimal.



Abbildung 3: ENERTEK ISO Stranggusstiegel

## VERBESSERUNG DER BETRIEBSDAUER: DURATEK\* TIEGEL

DURATEK-Tiegel, die in einem isostatischen Hochdruck-Pressverfahren hergestellt werden, sind so konzipiert, dass sie unter rauen Betriebsbedingungen eine verlängerte Lebensdauer aufweisen. Das Sortiment umfasst DURATEK PM und die kürzlich entwickelten DURATEK Supermelt-Tiegel.

DURATEK PM-Tiegel sind harzgebundene Siliziumkarbid-Tiegel, die sich für eine Vielzahl von Legierungen eignen, darunter Aluminium, Kupfer und Edelmetalle. Die Vorteile umfassen:

- Hohe Dichte und Festigkeit.
- Hohe Wärmeleitfähigkeit.
- Geringe Porosität.
- Ausgezeichnete Beständigkeit gegen chemische Angriffe (z. B. durch Flussmittel).
- Hervorragende Oxidationsbeständigkeit, die die Nutzungsdauer verlängert.

Aufgrund der aggressiven Bedingungen, die in Induktionsöfen, bei der Rückgewinnung von Edelmetallen sowie bei Raffinierungs- und Gießprozessen herrschen, die durch chemische Angriffe und Erosion gekennzeichnet sind, haben sich DURATEK PM-Tiegel bewährt. Sie garantieren eine gleichbleibende Leistung über einen längeren Zeitraum, was zu weniger geplanten Umbauten und geringeren Ausfallzeiten führt.

Ein Beispiel für eine extrem belastende Bedingung bei der Goldraffination nach dem Miller-Verfahren ist das Durchleiten von Chlorgas durch die Schmelze zur Beseitigung von Verunreinigungen. Sowohl das Chlorgas als auch die Chloride, die sich bei der Reaktion mit den Verunreinigungen im flüssigen Metall bilden, sind bei hohen Temperaturen reaktiv und können mit den meisten Tiegelmaterialien reagieren. Allerdings ist dies bei DURATEK PM nicht der Fall, da es so formuliert und verarbeitet wird, dass es dieser aggressiven Chemie widersteht.



Abbildung 4: Die Teams von Mahle und Foseco nach dem Entladen des Versuchstiegels.



Abbildung 5: Der DURATEK Supermelt nach 1284 Schmelzladungen.

Beim Wohlwill-Verfahren zur Raffination von Gold werden hochreine Goldkathoden in einem Induktionsofen geschmolzen, um hochreine Goldbarren herzustellen. Dieser Prozess erfordert die Verwendung von DURATEK PM-Rohren aufgrund ihrer Stabilität bei extrem hohen Temperaturen sowie ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Erosion und Korrosion. Diese Rohre sind nicht auf die üblichen Reinigungs-Schmelzen angewiesen, um Gold höchster Qualität zu gewinnen.

DURATEK Supermelt wurde speziell für das Schmelzen von Aluminium in gas- oder brennstoffbefeuerten Tiegelöfen entwickelt. Es bietet eine längere Lebensdauer unter aggressiven Schmelzbedingungen und ermöglicht der Gießerei-Schmelzabteilung ein kontinuierliches Schmelzen über eine längere Lebensdauer. Dies verbessert die Schmelzleistung im Vergleich zu herkömmlichen Tiegeln.

Bei Mahle, einem polnischen Kolbenhersteller, wird beispielsweise fast kontinuierlich Aluminiumkolbenschrott geschmolzen. Vor der Einführung von DURATEK Supermelt erreichten die Standardtiegel im Durchschnitt 740 Zyklen. Nach der Einführung erreichte der DURATEK Supermelt-Tiegel 1284 Zyklen - eine Steigerung von mehr als 70%. Während der Betriebszeit des Tiegels kam es zu einer deutlich geringeren Oxidation des Tiegels (Abb. 5), wodurch die Schmelzequalität verbessert werden konnte.

## TIEGELPFLEGE: BEWÄHRTE VERFAHREN ZUR VERBESSERUNG VON SICHERHEIT UND LEBENSDAUER

Neben den oben erwähnten technischen Verbesserungen beeinflusst auch die Art und Weise, wie der Tiegel installiert und betrieben wird, die Lebensdauer eines Tiegels. Zu den besten Praktiken gehören:

- Inspektion des Tiegels bei Erhalt.
- Lagerung an einem trockenen Ort.
- Richtige Handhabung des Tiegels mit einem Handwagen. Tiegel sollten nicht gerollt oder geschoben werden.



- Verwendung des richtigen Untersatzes, der aus dem gleichen Material bestehen und die richtige Größe haben sollte
- Tiegel dehnen sich im heißen Betrieb aus, daher niemals den Tiegel verkeilen.
- Vermeidung von Deckel Quetschung
  - o Die Ofenabdeckung oder der Deckel sollte nicht auf der Tiegelwand aufliegen.
  - o Wir empfehlen immer eine Fasermatte zur Abdichtung (Überlaufen) und Platz zu halten zur Wärmeausdehnung des Tiegels.
- Um eine optimale Leistung zu gewährleisten, erfordert die Wartung der Ofenauskleidung eine regelmäßige Überprüfung und Instandhaltung, um sicherzustellen, dass sie sich in gutem Zustand befindet und möglichst konzentrisch positioniert ist. Dadurch wird verhindert, dass die Flamme bei flammenbeheizten Öfen abgelenkt wird oder ungünstig auftritt, während bei Induktionsöfen ein reibungsloses Schmelzen gewährleistet wird.
- Sorgfältige Beschickung des Tiegels, um die Kapazität zu optimieren und eine Beschädigung des Tiegels zu vermeiden. Der Tiegel ist eine Keramik. Harte Schläge durch Maseln können zu Rissen und Bruch führen.
- Eine leicht oxidierende Flamme, die den Tiegel nicht direkt berührt verlängert die Lebenszeit des Tiegels. Idealerweise sollte die Flamme an der Schnittstelle von Tiegel und Untersatz zum Einsatz kommen.
- Verwendung von gut sitzenden Schenkeln, die den Tiegelboden jederzeit stützen.
- Korrekte Verwendung von Flussmitteln gemäß den Anweisungen des Herstellers, die nach Möglichkeit dem geschmolzenen Metall zugefügt werden sollten.
- Sauberhalten des Tiegels durch sorgfältiges Entfernen der Krätze, wenn der Tiegel heiß ist.

## ÜBER DIE AUTORIN

Danièle Ung ist seit 2020 bei Foseco als europäische Produktmanagerin für Tiegel für den Nichteisenbereich tätig. Sie reist gerne, entdeckt neue Kulturen und die Gastronomie und stellt sich derzeit der Herausforderung, einen Marathon-Lauf vorzubereiten.

### MIT DANIÈLE IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



daniele.ung@vesuvius.com

**DANIÈLE UNG**  
European Product Manager  
Crucibles



## SCHLUSSFOLGERUNG

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Lösungen zur Verbesserung der Energieeffizienz im Metallgießprozess nicht nur den Gießereien Kosten- und Kohlenstoffemissionseinsparungen ermöglichen, sondern auch die Herausforderungen der Branche ansprechen. Durch niedrigere Betriebstemperaturen und verbesserte Wärmespeicherung können Energieverbrauch reduziert und Temperaturschwankungen minimiert werden, was letztendlich zu weniger Gussfehlern führt. Es ist entscheidend, mit einem Partner zusammenzuarbeiten, der nicht nur technisches Wissen besitzt, sondern auch bei der Installation, dem Betrieb und der Wartung der Anlagen beraten kann, um die optimalen Ergebnisse zu erzielen.

## REFERENZEN

- <sup>1</sup> K. Salonitis, B. Zeng, H.A. Mehrabi, M. Jolly, 'The challenges of energy efficiency casting processes', *Procedia CIRP* 40 (2016), pp. 24-29 (p.28).
- <sup>2</sup> B. Pinto and W. Shi, 'Thermally-efficiency crucible technology: fundamentals, modelling, and applications for energy savings', *Foundry Practice Issue* 266, pp. 03-12 (p. 2).
- <sup>3</sup> Ibid, p. 2.
- <sup>4</sup> Mehr zu ENERTEK-Tiegeln siehe: Energy efficiency considerations for aluminium and zinc crucibles, Foseco whitepaper (2021), p. 5.

## ANIMATION

Erleben Sie energieeffiziente Leistung mit ENERTEK ISO und lange Haltbarkeit mit DURATEK Supermelt. Schauen Sie sich die Animationen an, um mehr zu erfahren!

ENERTEK ISO



JETZT ANSCHAUEN



DURATEK Supermelt



JETZT ANSCHAUEN





## ENERGY EFFICIENCY CONSIDERATIONS FOR ALUMINIUM AND ZINC CRUCIBLES

---

Improving the energy efficiency of foundry operations reduces both energy costs and carbon emissions. It's a vital win-win for foundries under pressure to reduce their environmental impact, while staying cost competitive. Foundries should therefore consider switching to energy-efficiency crucibles, such as the ENERTEK crucible range from Foseco, even if this means challenging traditional price-based purchasing decision-making.

### Free white paper

For more information check out our white paper



DOWNLOAD NOW

# WASCO\* - INNOVATIVE WASSERLÖSLICHE BINDEMITTELSYSTEME

## FÜR HPDC- ANWENDUNGEN

Autoren: Vincent Haanappel,  
Thomas Linke

---

Für HPDC-Anwendungen hat Foseco einen neuartigen Sandkern entwickelt, der mit innovativen wasserlöslichen WASCO-Bindemittelsystemen und optional mit modifizierbaren Beschichtungen versehen ist. Diese Schutzschichten verhindern das Eindringen von Flüssigmetall in die Poren des Sandkerns.

Dieser Beitrag befasst sich zunächst mit einigen grundlegenden Aspekten der Entwicklung eines solchen wasserlöslichen Bindersystems. Danach werden Anwendungen an zwei praktischen Beispielen gezeigt. Das erste Beispiel zeigt die Herstellung von Kernen für explosionsgeschützte Instrumentengehäuse und das zweite Beispiel befasst sich mit der Herstellung von Sandkernen für Automobilanwendungen. Nach der Entnahme der Gussstücke aus der Maschine werden die Teile in Wasser abgeschreckt. Trotz der hohen Biegefestigkeit der Sandkerne, zeigte der Binder eine ausgezeichnete Wasserlöslichkeit. Aufgrund der kurzen Zykluszeiten, die zu einer relativ geringen thermischen Belastung der Sandkerne führen, traten keine Probleme mit der Entstehung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) auf. Der organische Binder wird nicht thermisch zersetzt.

Nach dem Auswaschen der Kernreste wurde eine glatte, fehlerfreie und sandfreie Gussoberfläche erzielt, was darauf hindeutet, dass die Sandkerne mit dem wasserlöslichen WASCO-Binder ein vielversprechender Kandidat für Strukturgussteile sein können.



\*WASCO ist eine Marke der Vesuvius Group, die in bestimmten Ländern eingetragen ist und unter Lizenz verwendet wird.



# EINFÜHRUNG

Bei den meisten Gießverfahren wird das geschmolzene Metall in verlorene Formen gegossen, wobei das Metall die Form unter Schwerkraft oder geringem Druck füllt, so dass etwas höhere Metalltemperaturen erforderlich sind, um eine vollständige Formfüllung zu gewährleisten. Die in den Gussstücken benötigten inneren Hohlräume werden in der Regel durch die Verwendung von verlorenen Kernen definiert, bei denen es sich in der Regel um einen anorganischen oder organischen, harzgebundenen Sandkern handelt. Der Vorteil eines solchen Systems besteht darin, dass sich das Harzbindemittel im Kern durch die Hitze des geschmolzenen Metalls zersetzt, so dass Kernreste leicht entfernt werden können. Bei Druckgussverfahren wie Semi-Solid Casting [1-4] oder High Pressure Die Casting (HPDC) [5-10] wird das Metall sehr schnell abgekühlt, so dass der Kern selbst keinen hohen Temperaturen ausgesetzt ist. In Verbindung mit den hohen Kernfestigkeiten, die erforderlich sind, um diesen Fülldrücken standzuhalten, führt dies zu Schwierigkeiten bei der Entfernung des Sandkerns nach dem Erstarren des Gussteils. Darüber hinaus wird der Kern nur im Sekundenbereich erhöhten Temperaturen bis zu 300 °C ausgesetzt, was nicht ausreicht, um den Binder thermisch zu zersetzen.

In diesem Beitrag geht es um die Entwicklung von geeigneten Kernen für HPDC-Anwendungen. Diese bestehen aus einem flüssigen Polymerbindemittel und einem pulverförmigen Feststoff aus verschiedenen Mineralien. Dieses neue und innovative wasserlösliche Bindemittelsystem WASCO wurde von Foseco entwickelt.

Das Erreichen einer hohen Gussqualität bei der Verwendung von Kernen mit dem wasserlöslichen WASCO-Bindersystem hängt nicht nur vom Gießverfahren selbst und dessen Verarbeitungsparametern ab, sondern auch von der Qualität dieser Kerne. Die Verwendung von Kernen mit unzureichender Festigkeit oder mit lokal geringer Verdichtung führt

zu einer geringeren Oberflächenglätte und kann bei unzureichender Kontrolle zu Defekten an der Gussoberfläche führen. Die wichtigsten Anforderungen, die von der Gießereiindustrie gestellt werden, um qualitativ hochwertige Gussteile (aus HPDC- und Semi-Solid-Verfahren) zu erhalten, sind:

- Hohe Festigkeitswerte
- Ausreichende Wasserlöslichkeit nach dem Gießprozess
- Keine Gasbildung während des Gießvorgangs
- Verwendung von kostengünstigen und ungefährlichen Materialien
- Leicht zu handhaben, es können verschiedene Sandarten eingesetzt werden
- Ausreichende Standzeit der Sandmischung
- Gute Fließfähigkeit der Sandmischung
- Hochwertige Kerne mit ausreichender Verdichtung und glatter Oberfläche
- Kurze Zykluszeiten = kurze Kernfertigungszeiten

Es werden einige Grundlagen zur Herstellung von Kernen auf Sandbasis und gegebenenfalls mit einer Schlichte beleuchtet. Im Einzelnen werden die Fließ-

fähigkeit der Sandmischung, die mechanische Festigkeit, die Oberflächenglätte, die Wasserlöslichkeit des Bindemittels und erste Gussergebnisse aus HPDC-Verfahren vorgestellt.

# EXPERIMENTE UND ERGEBNISSE

Der erste Schritt in der Optimierung von Sandkernen für HPDC-Anwendungen basiert auf einem flüssigen 2-Komponenten-Bindersystem und einem Additiv. In diesem Teil der Untersuchung wurde das Verhältnis zwischen den beiden Komponenten variiert. Der Einfluss auf die Fließfähigkeit der Sandmischung, die Biegefestigkeit und die Wasserlöslichkeit von unbehandelten und 2 Stunden lang bei 140 °C und 200 °C behandelten Sandkernen wurde geprüft (Tabelle 1). Diese Testbedingungen wurden gewählt, um das optimale Verhältnis für die beste Performance hinsichtlich Festigkeit und Wasserlöslichkeit herauszufinden.

Mit dem Pulverprüfgerät Brookfield [11] wurde die Fließfähigkeit der verschiedenen Chargen bestimmt und in Tabelle 2 aufgeführt. Es zeigt sich, dass die Fließfähigkeit

Zusammensetzung:	1	2	3	4	5	6
2-C Liquid Binder	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%
Comp. D (wt%)	0	20	40	60	80	100
Comp. A (wt%)	100	80	60	40	20	0
Additive	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%
Heat treatment – 0	None	None	None	None	None	None
Heat treatment – 1	2h/140°C	2h/140°C	2h/140°C	2h/140°C	2h/140°C	2h/140°C
Heat treatment – 2	2h/200°C	2h/200°C	2h/200°C	2h/200°C	2h/200°C	2h/200°C

Tabelle 1: Zusammensetzung der verschiedenen Chargen mit einem flüssigen 2-Komponenten-Bindemittel

Zusammensetzung:	1	2	3	4	5	6
2-C Liquid Binder	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%
Comp. D (wt%)	0	20	40	60	80	100
Comp. A (wt%)	100	80	60	40	20	0
Additive	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%
Fließfähigkeit - Konsolidierungsspannung (kPa) in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit						
0.60 kPa	0.45	0.39	0.38	0.42	0.42	0.40
1.13 kPa	0.63	0.58	0.56	0.56	0.57	0.56
2.19 kPa	0.84	0.80	0.73	0.71	0.72	0.72
4.35 kPa	1.11	1.02	0.92	0.86	0.87	0.89
8.70 kPa	1.37	1.33	1.14	1.03	1.06	1.08

Tabelle 2: Fließfähigkeit (Konsolidierungsspannung in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit) verschiedener Sandmischungen mit einem 2-komponentigen flüssigen Bindemittel und in Abhängigkeit vom Verhältnis Komponente A und Komponente D.

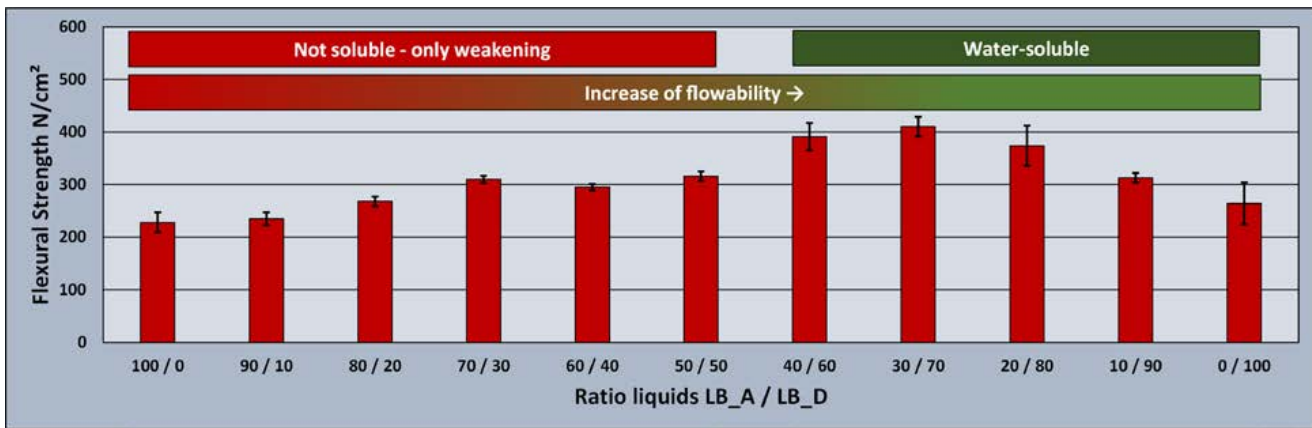


Abbildung 1: Biegefestigkeit von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Art des flüssigen Bindemittels bei verschiedenen Verhältnissen Komponente A / Komponente D.

Zusammensetzung:	1	2	3	4	5	6
2-C Liquid Binder	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%	5.0 wt%
Comp. D (wt%)	0	20	40	60	80	100
Comp. A (wt%)	100	80	60	40	20	0
Additive	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%	2.0 wt%
Wasserlöslichkeit						
As-received	5 – 10 s	5 – 10 s	5 – 10 s	10 – 15 s	20 – 25 s	20 – 30 s
2 h / 140 °C	20 – 30 s	10 – 15 s	15 – 25 s	5 – 10 s	20 – 30 s	20 – 25 s
2 h / 200 °C	weakening	weakening	weakening	50 – 60 s	30 – 40 s	30 – 40 s

Tabelle 3: Wasserlöslichkeit verschiedener Sandkerne mit einem flüssigen 2-Komponenten-Bindemittel und in Abhängigkeit vom Komponente A / D-Verhältnis und ohne bzw. mit einer Wärmebehandlung.

umso höher ist, je höher der Anteil der Komponente D ist, was mit der geringsten Konsolidierungsspannung einhergeht.

Die Biegefestigkeit wurde mit genormten Prüfstäben mit den Maßen 22,4 x 22,4 x 180 mm gemessen. Der Biegeversuch (Dreipunktmessung) wurde für die Bestimmung der Festigkeitseigenschaften verwendet. Es wird die Biegefestigkeit in Abhängigkeit von einem flüssigen 2-Komponenten-Bindemittel, bestehend aus einer Flüssigkeit Komponente A und einer Flüssigkeit Komponente D bestimmt. Die Gesamtzugabemenge der Flüssigkeit wird konstant auf 5,0 Gew.-% gehalten. Bezüglich des Additivs wurde eine Konzentration von 2,0 Gew.-% gewählt. Alle Proben wurden mit Quarzsand H33 (Quarzwerke, Deutschland) hergestellt.

Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, dass die Biegefestigkeit bei dem Verhältnis 30 / 70, also bei 30 Gew.-% Komponente A und 70 Gew.-% Komponente D ein Maximum aufweist. In Anbetracht der potenziellen Anwendungen dieser Art von Sandkernen sollten diese Kerne auch andere Anforderungen erfüllen, insbesondere die Wasserlöslichkeit.

Die Löslichkeit des Bindemittels wurde durch Eintauchen von zylinderförmigen Kernen in kaltes (20 °C) oder heißes (65 °C) Leitungswasser und mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 60 U/min (in kaltem Wasser) und 150 U/min (in heißem Wasser); die erste entspricht den gemäßigten Bedingungen, die andere den anspruchsvolleren Bedingungen. Das Ergebnis des Tests ist in Tabelle 3 dargestellt.

Interessant ist die Beobachtung, dass die erhaltenen Proben mit dem höchsten Anteil der Komponente A eine schnelle Löslichkeit aufwiesen, während diejenigen mit einer höheren Konzentration der Komponente D eine etwas langsamere Löslichkeitsrate zeigten. Nachdem die Kerne 2 Stunden lang bei 200 °C erhitzt wurden, waren die Kerne mit einem relativ hohen Anteil der Komponente A nicht löslich, sondern es kam lediglich zu einer Schwächung der Sandkerne. Die Sandkerne sind während des Gießens und Abkühlens erhöhten Temperaturen ausgesetzt. In diesem Fall wird die Verwendung der Kerne mit dem höchsten Anteil an Komponente D empfohlen.

Bei der Verwendung dieser Formulierungen für Sandkerne für HPDC ist eine hohe Biegefestigkeit erforderlich, um Kernbruch während des Gießprozesses zu vermeiden. Abbildung 2 zeigt die Biegefestigkeiten.

Bei einer Zugabemenge von 2,0 Gew.-% wurde die höchste Biegefestigkeit bei einer Korngröße von 12 µm erreicht. Diese Festigkeit nahm mit einer Erhöhung der Korngröße von 41 µm, 100 µm bis 146 µm auf niedrigere Werte ab. Diese Abbildung zeigt, dass die Festigkeit um so höher ist, je kleiner die durchschnittliche Korngröße des Additivs ist und je höher die Zugabemenge ist.

Beim HPDC-Verfahren wird das flüssige Metall unter hohem Druck in die Matrize eingeleitet und verfestigt, um das gewünschte Bauteil zu erhalten. Dieser Vorgang erfolgt in einem Bruchteil von Sekunden. Im Allgemeinen werden Kerne mit 1000 N/cm² oder mehr angestrebt [6-10].

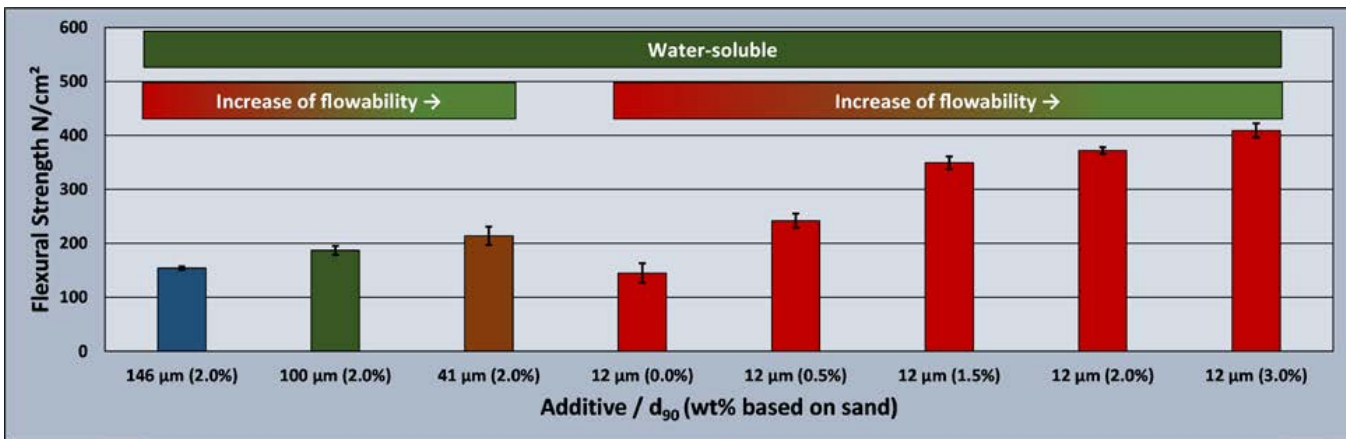


Abbildung 2: Biegefestigkeit von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Korngröße des Zusatzstoffes. Das Verhältnis LB\_A / LB\_D wurde auf 30 / 70 (5,0 Gew.-%) und die Additivmenge auf 2,0 Gew.-% festgelegt.

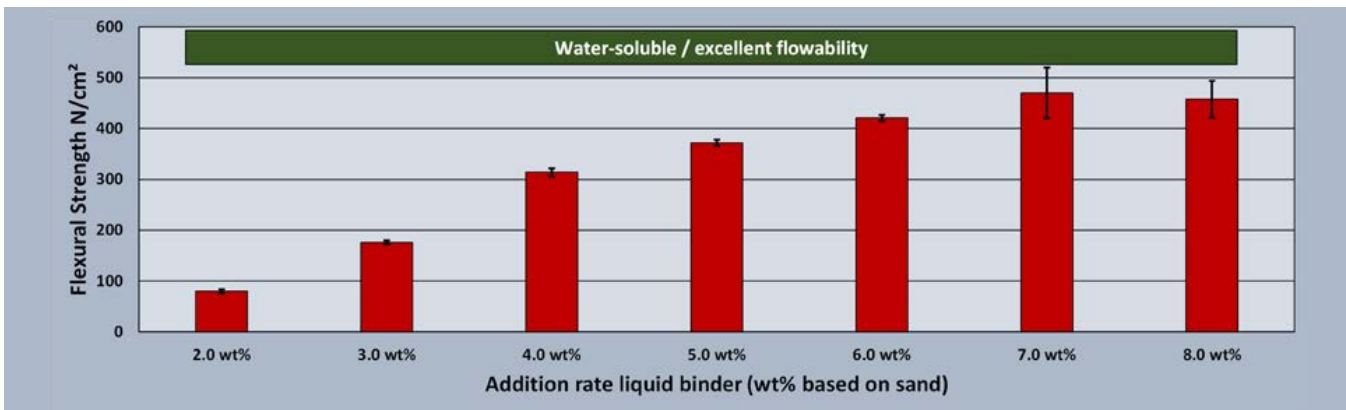


Abbildung 3: Biegefestigkeit von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Zugabemenge des flüssigen Bindemittels. Das Verhältnis Komponente A / Komponente D wurde auf 30 / 70 und die Additivmenge auf 2,0 Gew.-% festgelegt.

Um die mechanischen Eigenschaften weiter zu verbessern, wurde die Biegefestigkeit in Abhängigkeit von der Zugabemenge des flüssigen Bindemittels untersucht. Abbildung 3 zeigt die Daten der Biegefestigkeit in Abhängigkeit von der Menge des flüssigen Bindemittels, das der Sandmischung zugesetzt wurde. In diesem Fall wurde die Konzentration des Additives auf 2,0 Gew.-% festgelegt. Die Festigkeitswerte steigen bis zu einer Bindemittelzugabe von 7,0 Gew.-% an. Mehr Bindemittel führte nicht zu höheren Festigkeitswerten, was auf eine gewisse Übersättigung zurückzuführen ist. Das bedeutet, dass die höchsten Biegefestigkeitswerte mit einer Kombination der Einzelflüssigkeiten Komponente A und Komponente D bei einer Zugabemenge von 7,0 Gew.-% erreicht wurden.

Höhere Biegefestigkeitswerte können nur noch erreicht werden, wenn der Art und Konzentration des Additives mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Verwendung des Additives führte zu Biegefestigkeitswerten bis zu etwa 500 N/cm<sup>2</sup>. Es wurden auch verschiedene Arten anderer Additive oder Komponenten in Betracht gezogen.

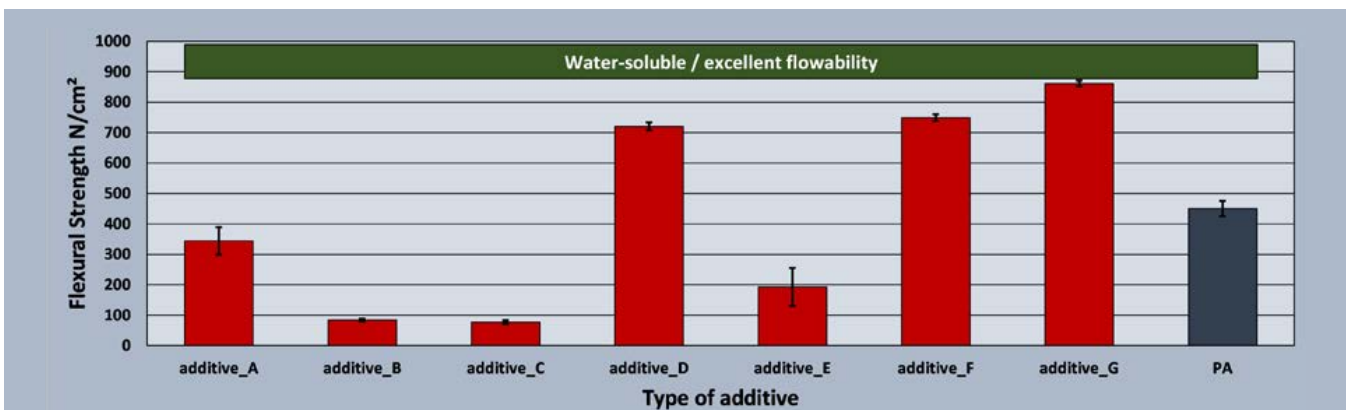


Abbildung 4: Biegefestigkeit von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Art des Additives. Das Verhältnis der flüssigen Bindemittels Komponente A / Komponente D wurde auf 30 / 70 und auf 4,0 Gew.-% festgelegt, und die Konzentration des Additives betrug 4,0 Gew.-%.

Es ist bekannt [12,13], dass bei anorganischen Bindemittelsystemen auch mit anderen Additivtypen hohe Festigkeitswerte erreicht werden können. Auf der Grundlage dieser Dokumente wurde eine Auswahl bestimmter Additivtypen getroffen, die mit A - G bezeichnet sind. Abbildung 4 zeigt die Biegefestigkeit in Abhängigkeit von diesen verschiedenen Additivtypen. Auf der Grundlage dieser Werte wurde auch ein weiterer Additivtyp ausgewählt, der als Typ S bezeichnet wird. Mit diesem Additiv konnten Festigkeitswerte von mehr als 1200 N/cm<sup>2</sup> erreicht werden, wie in Abbildung 5 dargestellt.



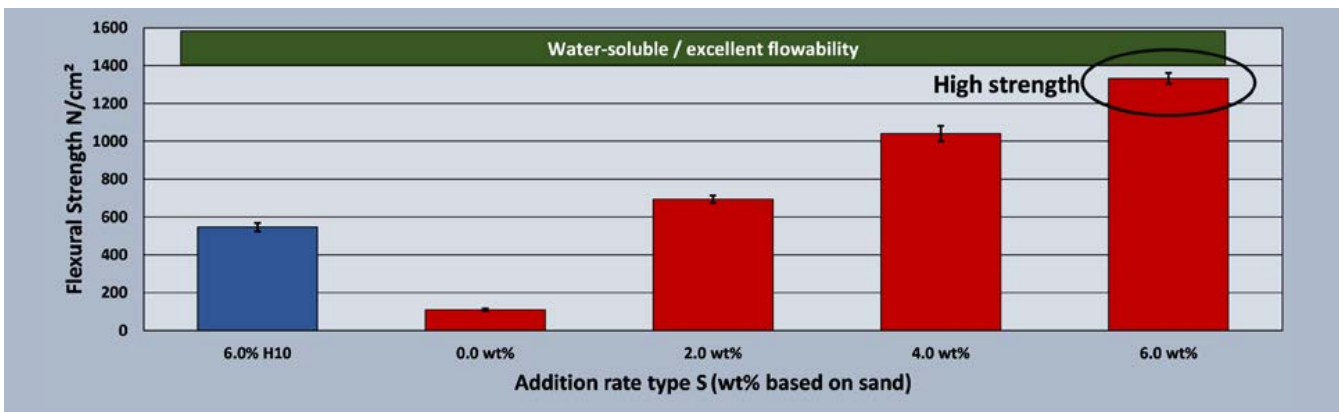


Abbildung 5: Biegefestigkeit von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Zugabemenge des Additives S. Das Verhältnis von flüssigem Bindemittel (6,0 Gew.-%) Komponente A / Komponente D wurde auf 30 / 70 eingestellt.

Da diese Art des mit S bezeichneten Additives sehr vielversprechende Ergebnisse zeigte, muss auch die Fließfähigkeit der modifizierten Sandmischung erneut bestimmt werden. Weitere Informationen zur Messung und Verbesserung der Fließfähigkeit von Sandgemischen sind in [14] zu finden.

Die schnellste indirekte Methode, um Informationen über die Fließfähigkeit der Sandmischungen zu erhalten, bezieht sich auf das Kern- oder Probengewicht nach der Aushärtung. In Bezug auf Abbildung 5, in der die Biegefestigkeitswerte in Abhängigkeit von der Zugabemenge des Typs S dargestellt sind, zeigt Abbildung 6 das entsprechende Probengewicht in Abhängigkeit von der Menge des dem Sandgemisch zugesetzten Typs S. Wurde kein Additiv zugesetzt, lag das Probengewicht bei etwa 670 g (5 Proben). Bei einer Erhöhung des Additives stieg das Probengewicht auf Werte bis zu 740 g an ( bei 6,0 Gew%). Erwähnenswert ist, dass die Additivpartikel vollständig kugelförmig sind, was zu einer hohen Fließfähigkeit der Sandmischung führte. Im Gegensatz dazu führen unregelmäßig geformte Partikel im Allgemeinen zu einer geringeren Fließfähigkeit. Die Art des Sandes kann auch ein Parameter sein, der die Fließfähigkeit beeinflusst. Die wichtigsten Strukturparameter, die die Fließfähigkeit der Sandmischung beeinflussen, sind die durchschnittliche Korngröße und Korngrößenverteilung sowie die Form (kantig oder abgerundet und mit geringer oder hoher Sphärizität). Gießereien verwenden in der Regel regionalen Sand, um die Transportkosten zu senken. Dies bedeutet, dass die Flexibilität bei der Sandsorte sehr begrenzt ist. Vorhandene Sandsorten können nicht ohne Weiteres ersetzt werden.

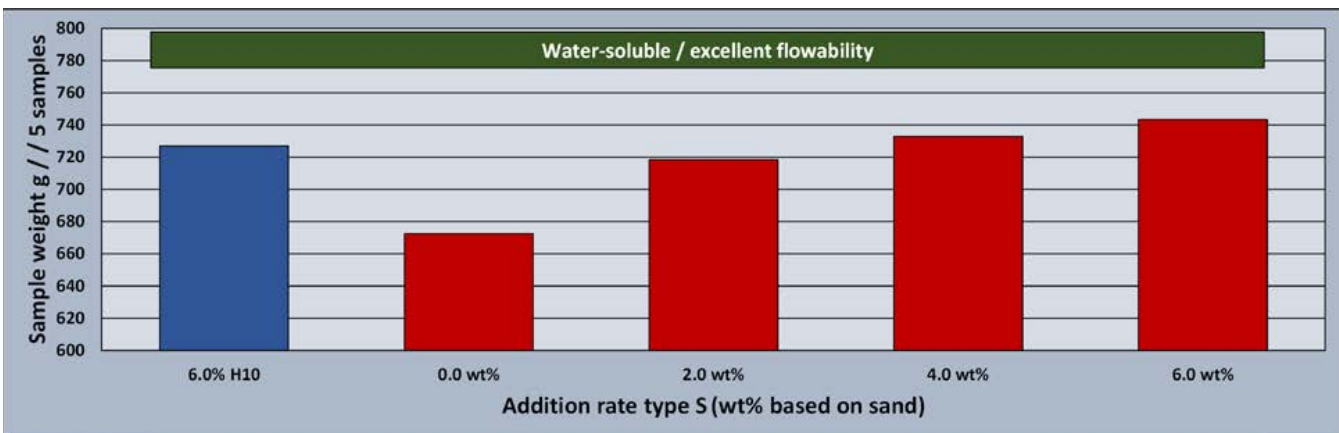


Abbildung 6: Probengewicht von Sandkernen (Quarzsand H33) in Abhängigkeit von der Zugabemenge des Additives S. Das Verhältnis des flüssigen Bindemittels (6,0 Gew.-%) LB\_A / LB\_D wurde auf 30 / 70 festgelegt.

Ein Hauptbestandteil einer Sandmischung mit einem wasserlöslichen Bindemittelsystem ist der flüssige Teil des Bindemittels. Wie bereits berichtet, handelt es sich bei diesem flüssigen Bindemittel um ein Zweikomponenten-Polymersystem auf der Grundlage eines flüssigen Typs A und D, dem eine geringe Menge Wasser und ein spezielles oberflächenaktives Mittel zugesetzt wird. Ist die Viskosität des flüssigen Bindemittels hoch, so wirkt sich dies nachteilig auf die Fließfähigkeit und damit auf die Qualität der Sandkerne aus. Mit einer Polymerlösung auf Wasserbasis kann eine niedrigere Viskosität erreicht werden, wenn die Kettenlänge des Polymers kürzer ist, also einen niedrigeren n-Wert aufweist. Die Viskosität eines Polymers kann durch die Mark-Houwink-Gleichung ausgedrückt werden:

$$\eta = K \cdot M^a$$

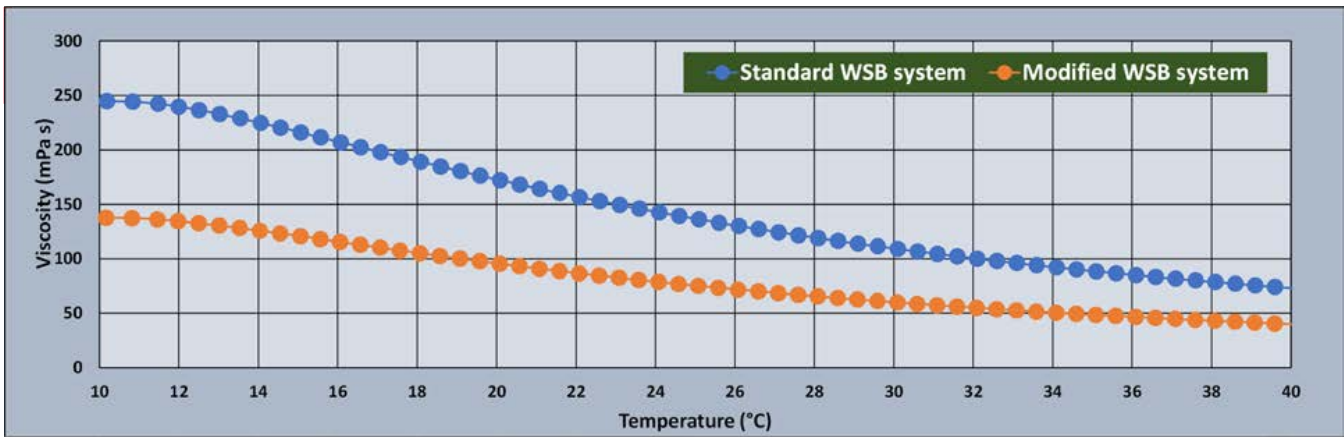


Abbildung 7: Viskosität des Standard-WASCO-Systems (blau) und des modifizierten WASCO-Systems (orange) in Abhängigkeit von der Temperatur.

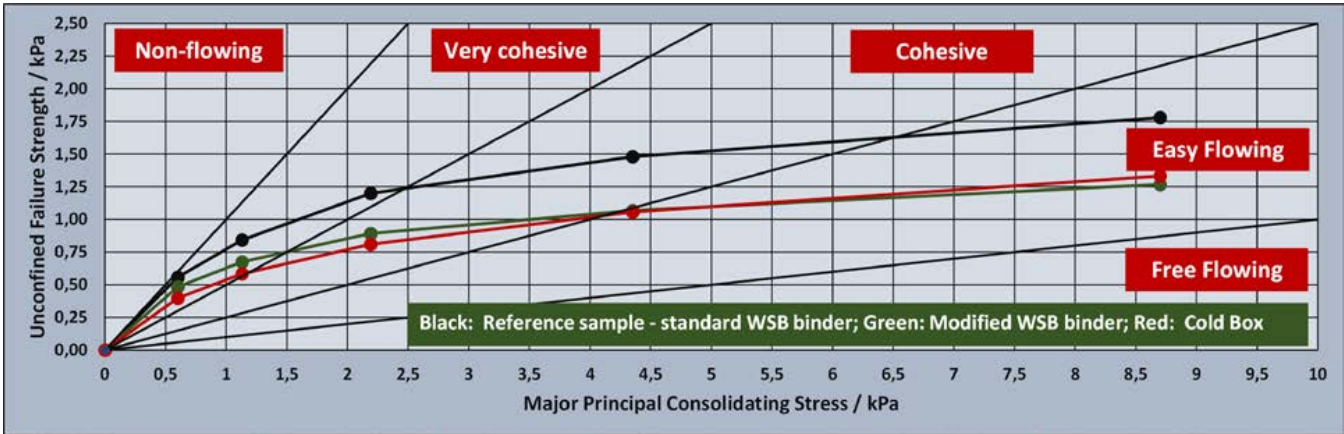


Abbildung 8: Fließfähigkeit im Verhältnis zur Hauptverfestigungsspannung für drei verschiedene Sandmischungen: schwarz: Standardtyp des wasserlöslichen Bindemittelsystems WASCO; grün: modifiziertes wasserlösliches Bindemittelsystem WASCO mit kürzerer Kettenlänge; rot: PU-Coldbox-System.

wobei  $\eta$  = Viskosität des Polymer, K und  $\alpha$  von dem jeweiligen Polymer abhängen, und M = Molekulargewicht.

Es wurden zwei Typen von wasserlöslichen WASCO-Bindemitteln untersucht. Ein Standardtyp und ein anderer mit einer kürzeren Kettenlänge des Polymers. Die Viskosität der beiden wasserlöslichen WASCO-Bindemittelsysteme wurde zwischen 10 °C und 40 °C gemessen; die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt. Aus diesem Diagramm lässt sich schließen, dass die Viskosität des modifizierten wasserlöslichen WASCO-Bindemittelsystems in dem oben angegebenen Temperaturbereich stets deutlich niedriger ist, als die des wasserlöslichen Standard-WASCO-Bindemittelsystems. Abbildung 8 zeigt die Fließfähigkeitskurven, von denen eine der Referenzprobe entspricht, die mit dem standardmäßigen wasserlöslichen Bindemittelsystem auf organi-

scher Basis hergestellt wurde (schwarze Kurve), die zweite mit dem modifizierten organischen Bindemittel mit einer kürzeren Kettenlänge (grüne Kurve) und die dritte mit dem standardmäßigen Cold-Box-System. Es wird deutlich, dass die Fließfähigkeit der Sandmischung mit dem modifizierten wasserlöslichen Bindemittel auf organischer Basis deutlich höher ist.

Der Einfluss des modifizierten wasserlöslichen Bindemittelsystems WASCO wurde mit einer Reihe von Festigkeitsmessungen weiter untersucht. Die Schießparameter mit der L1 Laempe Kernschießmaschine waren 4 bar Schießdruck und 0,4 s Schießzeit. Die vorbereitete Sandmischung wurde zunächst bei verschiedenen Temperaturen gelagert. Die Temperaturen wurden in Schritten von 5 °C erhöht. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Abbildung 9 dargestellt.

Mit dem wasserlöslichen Standardbindemittelsystem WASCO konnten bei niedrigen Temperaturen keine vollständigen Sandkerne hergestellt werden. Der Grund war die hohe Viskosität des flüssigen Bindemittels, insbesondere bei 10 °C und 15 °C ist die Fließfähigkeit zu gering, um die Hohlräume des Kernkastens vollständig zu füllen. Erst bei höheren Temperaturen, hier 20 °C oder 25 °C konnten vollständige Sandkerne hergestellt werden. Mit dem modifizierten wasserlöslichen Bindemittelsystem WASCO, das sich durch eine deutlich niedrigere Viskosität auszeichnet, konnten selbst bei 10 °C noch vollständige Sandkerne hergestellt werden. Im Allgemeinen führt eine niedrigere Viskosität zu fehlerfreien Sandkernen mit hoher Verdichtung.

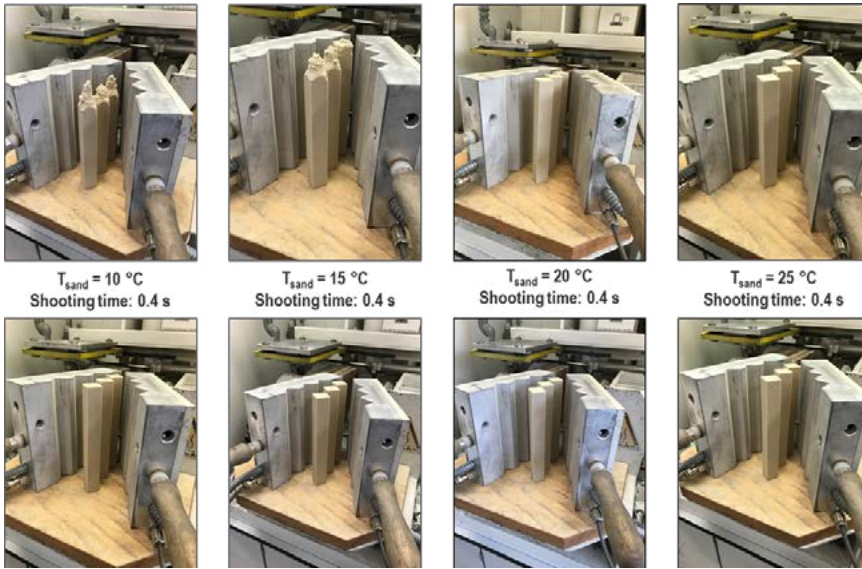


Abbildung 9: Kernherstellung mit dem standardmäßigen wasserlöslichen WASCO-Bindersystem (obere Bilder) und mit dem modifizierten wasserlöslichen WASCO-Bindersystem (untere Bilder). In allen Fällen wurde die Schießzeit auf 0,4 s eingestellt. Die Zugabemenge des flüssigen Bindemittels wurde auf 6,0 Gew.-% und des Additivs auf 4,0 Gew.-% festgelegt.

## VERSUCHE VOR ORT I

Dieses Kapitel zeigt den Projektlauf für die Herstellung von Druckgussgehäusen. Abbildung 10 zeigt eine schematische Darstellung dieses Gehäuses mit dem entworfenen Sandkern. Der erste Schritt bestand darin, mit einem nicht beschichteten oder unversiegelten Sandkern zu beginnen, um die Oberflächenqualität der Gussteile genauer zu untersuchen. Nach dem Gießvorgang wurden alle Gussteile im kalten Wasser abgeschreckt. Innerhalb kürzester Zeit ließen sich alle Sandkerne aufgrund der hohen Löslichkeit des Binders leicht entfernen.

Abbildung 11 zeigt die innere Oberfläche des Gusstücks bei Verwendung eines nicht beschichteten Sandkerns. Die Oberfläche weist eine hohe Rauheit mit starken Sandanhaftungen auf, was auf das Eindringen von Metall in die Poren des Sandkerns zurückzuführen ist. Selbst mit einem Hochdruckreiniger konnten die anhaftenden Sandkörner nicht entfernt werden.

Um das Eindringen von Metall zu vermeiden wurde eine spezielle Art von Beschichtung entwickelt. Diese Schichte konnte im Tauchverfahren aufgetragen werden, gefolgt von einer Ofentrocknung bei  $120\text{ °C}$ . Abbildung 12 zeigt 3 Sandkerne mit der wasserbasierten Schichte, nach dem Tauchen und einer Stunde Ofentrocknung bei  $120\text{ °C}$ .

Durch das Auftragen einer Schichte, die das Eindringen von Metall verhindert, wurde eine glatte und sandfreie Gussoberfläche erzielt. Abbildung 13 zeigt das Endprodukt, das die folgenden Hauptanforderungen erfüllt: gute Fließfähigkeit der Sandmischung, fehlerfreie Sandkerne, hohe mechanische Festigkeit, leichte Aufbringung einer Schichte auf Wasserbasis, schnelle Löslichkeit des Binders nach dem Gießprozess, glatte und sandfreie Gussoberfläche.

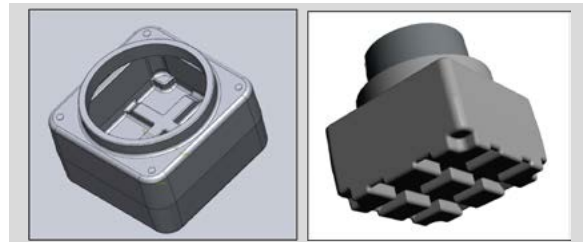


Abbildung 10: links: schematische Darstellung eines explosionsgeschützten Gerätegehäuses; rechts: Zeichnung des entwickelten Kerns (mit freundlicher Genehmigung von Limatherm S.A. Polen)



Abbildung 11: links: nicht beschichteter Sandkern; mitte und rechts: innere Gussoberfläche mit erheblicher Sandanhaftung.



Abbildung 12: Sandkerne mit einer durch Tauchen aufgebrachten Beschichtung. Die Schichte wurde 1 Stunde lang bei  $120\text{ °C}$  im Ofen getrocknet.



Abbildung 13: Innenseite des Gussteils (explosionsgeschütztes Instrumentengehäuse) nach Entfernung des beschichteten Sandkerns (mit freundlicher Genehmigung von Limatherm S.A. Polen).



## VERSUCHE VOR ORT II

Die zweite Serie von Sandkernen, die mit dem wasserlöslichen Bindemittelsystem WASCO hergestellt wurde, befasst sich mit einem Beispiel für mögliche Anwendungen von HPDC im Automobilbereich. Insbesondere die Herstellung von Strukturussteilen steht bei diesem Projekt im Vordergrund.

Wie bereits erwähnt, ist eine Beschichtung erforderlich, um das Eindringen von Metall und das Anhaften von Sand zu verhindern. Die Sandkerne konnten getaucht oder die Schichte durch Sprühen aufgebracht werden. In beiden Fällen wurde eine dichte und kompakte Schicht aufgetragen (siehe Abbildung 14). Nach der Erstarrung wurden die Gussstücke aus der Form entnommen und direkt im Wasser abgeschreckt. Bei allen Gussstücken wurde anschließend die Innenfläche weiter gereinigt.

Der Querschnitt durch die Gussstücke zeigt deutlich, dass die Verwendung von Sandkernen ohne Schichte zu starken Sandanhaftungen führte, wie in Abbildung 15 zu sehen ist.

Bei Vorhandensein einer Schichte trat keine Sandanhaftung auf und die innere Gussoberfläche wies eine akzeptable Oberflächenqualität auf (siehe Abbildung 16).

In einigen Bereichen der inneren Struktur des Gussteiles ermöglichte eine Reinigung mit einem Hochdruckreiniger eine völlig sandfreie Gussoberfläche.

Abbildung 16 zeigt die innere Gussoberfläche. Die Oberflächenrauheit der beiden Gussstücke, unbeschichtet und beschichtet, wurde auch durch ein 3D-Bild der Oberfläche bestimmt, das mit dem Keyence-Oberflächenprofilometer gemessen wurde (Abbildung 17). Deutlich zu erkennen ist die niedrige Oberflächenrauigkeit bei der Verwendung eines beschichteten Sandkerns.

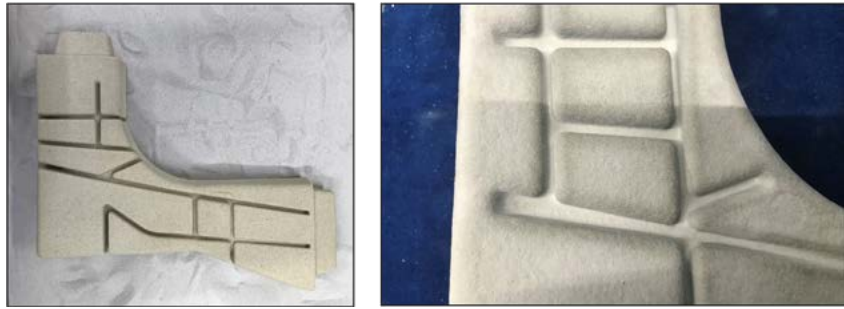


Abbildung 14: links: unbeschichteter Sandkern; rechts: höhere Vergrößerung der Oberfläche mit aufgetragener wasserbasierter Beschichtung



Abbildung 15: Innere Gussoberfläche nach dem Querschneiden der Gussstücke. links: nach dem Entfernen eines nicht beschichteten Sandkerns; rechts: nach dem Entfernen eines beschichteten Sandkerns



Abbildung 16: Die Innenfläche der Gussstücke nach Reinigung mit einem Hochdruckreiniger.

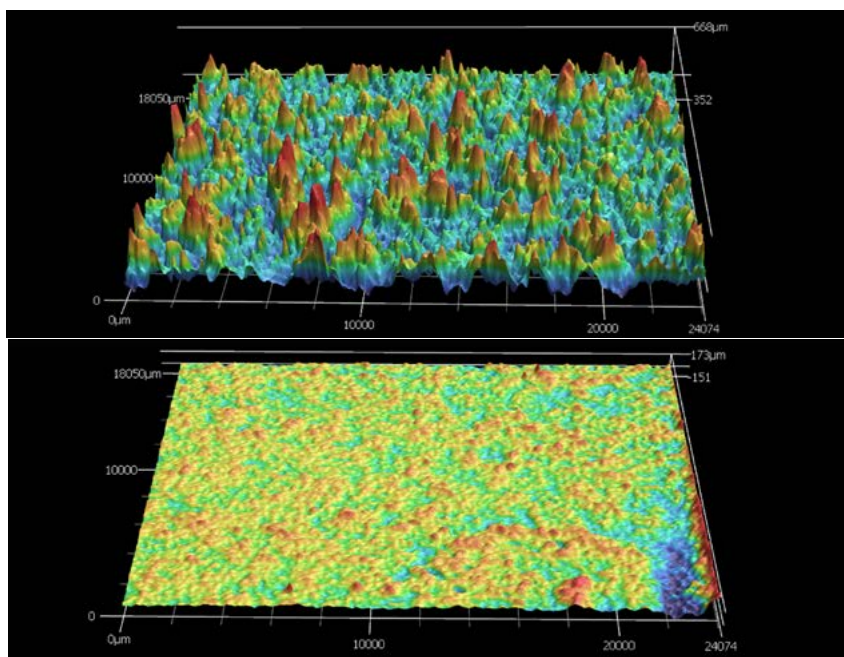


Abbildung 17: Oberflächenrauigkeit von unbeschichteten (oben) und beschichteten (unten) Gussstücken).

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das neue und innovative wasserlösliche Bindemittelsystem WASCO, das von Foseco entwickelt wurde, hat seine hohe Festigkeit unter schwierigen Verarbeitungsbedingungen, wie z. B. HPDC, unter Beweis gestellt. Mit einer geeigneten und kompatiblen Beschichtung können diese innovativen Sandkerne hohen Drücken und Temperaturen standhalten. Gleichzeitig ist eine einfache Kernentfernung aus den inneren Hohlräumen durch Auswaschen möglich. Es werden glatte und sandfreie Oberfläche erreicht.

Dieses WASCO-System hat sein starkes Potenzial unter Beweis gestellt und kann ein breites Spektrum an Kundenanforderungen erfüllen. Es zeigt vielversprechende Ergebnisse nicht nur im Druckguss, sondern auch bei Semi-Solid-Verfahren.

Die wichtigsten Vorteile des neuen WASCO-Systems sind:

- a) Es können Festigkeitswerte von über 1000 N/cm<sup>2</sup> erreicht werden.
- b) Kernrückstände lassen sich leicht und ohne mechanische Gewaltanwendung entfernen.
- c) Verwendung von kostengünstigen Materialien.
- d) Hohe Flexibilität bei der Verwendung von Additiven.
- e) Bei der Kernherstellung werden nur Standard-Kernschießmaschinen mit Heißblufthärtung verwendet.

## DANKSAGUNGEN

Die Autoren möchten dem Managementteam, dem gesamten Team „Mould&Core“ des Foseco-F&E-Zentrums in Enschede, Niederlande, ihren Dank aussprechen.

Das Foseco F&E-Zentrum, Enschede, Niederlande, dankt auch der Limatherm S.A., Polen, für ihre Unterstützung und Beiträge.

## REFERENZEN

- [1] Haga, T., Kapranos, P., Simple rheocasting processes, Journal of Materials Processing Technology 130-131, 2002, pp. 594-598.
- [2] Bührig-Polaczek, A., Heiner, M., Bünck, M., Suitability of lost cores in rheocasting process, In Proceedings of the 11th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloy and Composites : September 16 - 18, 2010, Beijing, China / S. J. Luo; W. C. Keung; Y. L. Kang.
- [3] Winklhofer, J., Semi-Solid Casting of Aluminium from an Industrial Point of View, Solid State Phenomena 285, 2019, pp. 24-30.
- [4] Payandeh, M., Rheocasting of aluminium alloys: Process and Components Characteristics, Dissertation 2016, Jönköping University, Jönköping, Schweden.
- [5] Ming Fan Qi, Yong Lin Kang, Quan Quan Qiu, Industrialized Application of Rheo-HPDC Process for the Production of Large Thin-Walled Aluminum Alloy Parts, Solid State Phenomena 285, 2019, pp. 453-458.
- [6] Jelínek, P., Adámková, E., Lost cores for high pressure pressure casting, Archives of Foundry Engineering, 14(2), 2014, pp. 101-104.

- [7] Casarotto, F., Franke, A.J., Franke, R. - High-pressure die-cast (HPDC) aluminium alloys for automotive applications, Advanced Materials in Automotive Engineering, 2012, pp. 109-149.
- [8] Jelínek, P., Adámková, E., Lost Cores for High-Pressure Casting, Archives of Foundry Engineering DOI: 10.2478/afe-2014-0045, 14, 2014/2, pp. 101 - 104.
- [9] Fuchs, B., Eibisch, H., Körner, C., Core Viability Simulation for Salt Core Technology in High-Pressure-Casting, International Journal of Metalcasting, 7, 2013, pp. 39 - 45.
- [10] Cantas, C., Baksan, B., Effects of Composition on the Physical Properties of Water-Soluble Salt Cores, International Journal of Metalcasting, 15, 2021, S. 839 - 851.
- [11] Schulze, D., Pulver und Schüttgüter - Verhalten, Charakterisierung, Lagerung und Fließen. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag; 2008. DOI: 10.1007/978-3-540-73768-1. Verfügbar unter: <https://www.dietmar-schulze.de/pdf/flowproperties.pdf>.
- [12] Song, L., Liu, W., Xin, F., Li, Y., Effect of Silica Fume on Humidity Resistance of Sodium Silicate Binder for Core-making Process, International Journal of Metal Casting, 14, 2020, pp. 977 - 986. 2020, DOI:10.1007/s40962-019-00405-1.
- [13] EP 2 359 957 A1, Verfahren und Zusammensetzung zur Herstellung von Gießereiformen und -kernen - Europäisches Patentamt, FOSECO INTERNATIONAL LIMITED, Central Park, Barlborough Links, Derbyshire S43 4XA (GB)).
- [14] Haanappel, V., Methods to determine, influence and improve the flowability of sand mixtures, in Casting Processes, ed. T.R. Vijayaram, IntechOpen, Vereinigtes Königreich, 2022, S. 47-66. ISBN 978-1-80355-495-2.

### ÜBER DIE AUTOREN

Vincent kam 2011 zu Foseco. Derzeit ist er R&D Manager für Bindemittel in unserem globalen F&E-Zentrum, wo er die Entwicklung unserer innovativen und umweltfreundlichen anorganischen Bindemittel leitet. Außerhalb der Arbeit verbringt Vincent gerne Zeit mit seiner Familie, fährt Rad, spielt Orgel und Klavier, kocht und lernt Sprachen.

#### MIT VINCENT IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



vincent.haanappel@vesuvius.com

**VINCENT HAANAPPEL**  
R&D Manager Binders



Thomas kam 2011 zu Foseco. Derzeit ist er Global Product Manager Non-Ferrous Binders and Coatings. Er leitet Projekte, um die entwickelten innovativen Produkte auf den Markt zu bringen. Außerhalb der Arbeit genießt Thomas die Gartenarbeit, Wandern, Musik und Zeit mit seiner Familie.

#### MIT THOMAS IN KONTAKT TRETEN



LinkedIn-Profil



thomas.linke@vesuvius.com

**THOMAS LINKE**  
Global Product Manager  
Mould & Core



## Wie das Granulat- und Rotorsystem von Foseco Ihre Aluminium-HPDC-Gießerei stärken kann



## KNOWHOW & PARTNERSCHAFT

### DIE HERAUSFORDERUNG

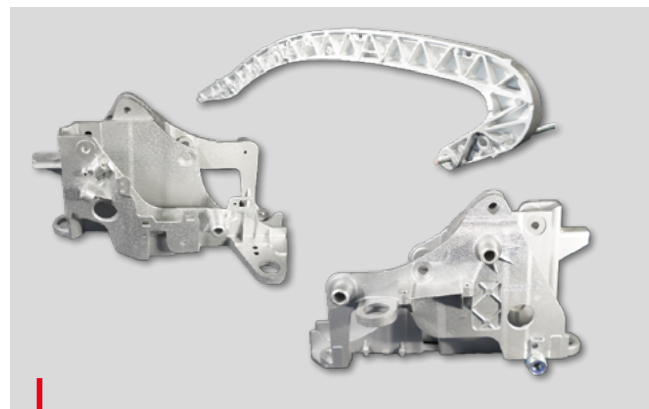
Die HPDC-Gießereiindustrie steht unter zunehmendem Druck, die Produktionskosten zu senken und die Qualität zu verbessern. Gleichzeitig sind sie gefordert, die Nachhaltigkeit zu verbessern und die Umwelt zu schützen. HPDC-Gießereien müssen Metallverluste reduzieren, Oxidbildung vermeiden, die Behandlungszeit optimieren und gleichzeitig eine trockene und saubere Krätze gewährleisten. Eine führende HPDC-Gießerei in Europa, die Automobilteile für eine Vielzahl von Kunden und Anwendungen herstellt, suchte nach einer Lösung, um diese Herausforderungen zu meistern.

### GIESSEREI

Tugçelik Alüminyum & Metal Mamülleri San. Ve Tic. A.S. ist ein führender Hersteller von Druckgussteilen in der Türkei, der sich auf die Automobil-, Haushaltsgeräte-/Weißwaren- sowie die Elektro- und Maschinenbauindustrie spezialisiert hat. Das Unternehmen verfügt über eine Reihe von Druckgussmaschinen und ist damit ein kompetenter Partner für Aluminiumdruckgussteile.

### PARAMETERS

Legierung: AlSi12Cu1  
Gewicht der Legierung: 350 kg  
Temperatur der Legierung: 750 °C  
Entgasungszeit: 210 Sek.  
Granulatzugabe: 240 Gr.



Komponenten des Schiebedachs

### FOSECO PRODUKTE

COVERAL\* 2510 granular fluxes  
DIAMANT\* FDR Rotorsystem



## UNSERE LÖSUNG

Die Gießerei entschied sich für das Granulat COVERAL 2510 und das DIAMANT FDR-Rotorsystem, die bessere Ergebnisse als die alternativen, stark exothermen Granulate lieferten, die sie zuvor verwendet hatten. Das Granulat COVERAL 2510 und das Rotorsystem DIAMANT FDR lieferten eine trockene Krätze, ohne dass eine exotherme Reaktion erforderlich war, eine bessere Oxidentfernung und eine längere Lebensdauer. Außerdem erzeugen sie weniger Rauch und sind umweltfreundlicher als herkömmliche Fluxes.

## KEY BENEFITS

- 55% weniger Aluminium in der Krätze
- 28% weniger Oxidanteil
- Verbesserte Gussqualität
- Geringere Kosten für die Metallbehandlung
- Geringere Abgase

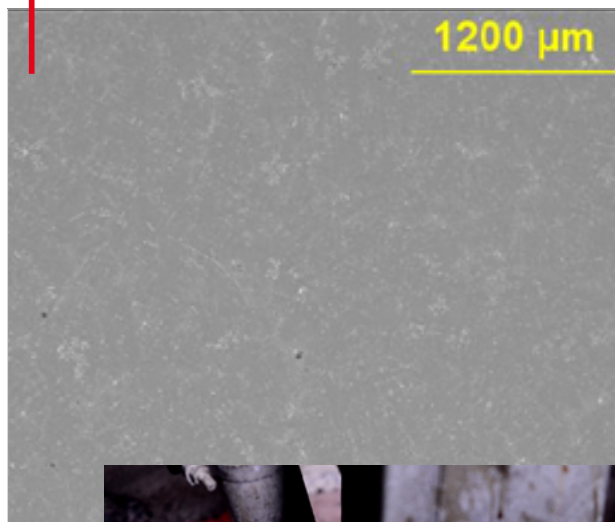
THINK BEYOND. SHAPE THE FUTURE.

## DAS ERGEBNIS

VMet- und Krätze-Tests wurden vor und nach der Prozessänderung durchgeführt und die Proben zur Analyse eingesandt. Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass die Kombination aus COVERAL 2510 und DIAMANT FDR-Rotorsystem den Aluminiumgehalt in der Krätze um 65 % und den Oxidgehalt bei der VMet-Analyse um 28 % deutlich reduzierte.

Dies führte zu einer Verbesserung der Gussqualität aufgrund von weniger Oxid und geringeren Metallbehandlungskosten für die Gießerei.

Vmet Ergebnisse



Entgasungsprozess

## SCHMELZTIEGEL-INSTALLATION

Optimieren Sie Ihre Gießerei mit einer nahtlosen Installation! Sehen Sie sich jetzt unser Video an, um das Potenzial eines Tiegels zu nutzen und Ihre Möglichkeiten der Bearbeitung von Metallen zu verbessern. Steigern Sie die Effizienz, reduzieren Sie Ausfallzeiten und erzielen Sie hervorragende Ergebnisse mit unserer leicht verständlichen Installationsanleitung.



## HPDC-PROZESS MIT WASCO

Revolutionieren Sie Druckguss mit WASCO: wasserlösliche Kerne! Erstellen Sie komplizierte Gussteile, sparen Sie Kosten und minimieren Sie die Umweltbelastung. Sehen Sie sich die Animation an und erfahren Sie, wie WASCO den Gießereiprozess verändert.





All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, without the written permission of the copyright holder.

All statements, information and data contained herein are published as a guide and although believed to be accurate and reliable (having regard to the manufacturer's practical experience) neither the manufacturer, licensor, seller nor publisher represents or warrants, expressly or impliedly:

- (1) their accuracy/reliability
- (2) that the use of the product(s) will not infringe third party rights
- (3) that no further safety measures are required to meet local legislation

The seller is not authorised to make representations nor contract on behalf of the manufacturer/licensor.

All sales by the manufacturer/seller are based on their respective conditions of sale available on request.

\*Foseco, the logo, WASCO, COVERAL, ENERTEK, NUCLEANT and DURATEK are Trade Marks of the Vesuvius Group, registered in certain countries, used under licence.

©Foseco International Ltd. 2024

#### COMMENT

Editorial policy is to highlight the latest Foseco products and technical developments. However, because of their newness, some developments may not be immediately available in your area.

Your local Foseco company or agent will be pleased to advise.

Foseco auf der Euroguss:  
Jetzt mehr erfahren

