



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.

 **MAGNA**
COSMA INTERNATIONAL



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. Foseco 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.

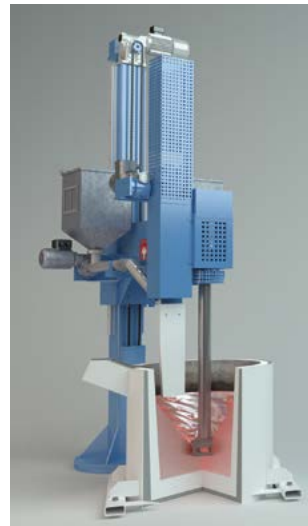


Bild 1: MTS Verfahren

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 CO₂
- 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 cm² 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	
Rahmenbedingungen / Bezugsgrößen Allgemein			
Volumen Transportpfanne [kg]	650		
Volumen behandeltes Metall / Monat [t]	1000		
Legierungskosten (Metall + Energie) [€ / kg]	2,30		
Vergütung Krätzeverkauf [€]	0,80		
			
Rahmenbedingungen / Bezugsgrößen Vergleich		Herkömmlicher Prozess	Foseco
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
Prozesskosten		Herkömmlicher Prozess	Foseco
		Menge [kg]	Wert [€]
Metallverlust (Legierungskosten Metall + Energie)		2,850	6,56
Granulat		0,000	0,00
Kosten Verschleißteil			0,80
Vergütung Krätze		3,000	-2,40
Summe / Behandlung			4,96
Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Transportpfanne			2,32 €
Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / kg			0,0036 €
Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Monat auf 1000t			3.569,23 €
Kosteneinsparung bei Foseco-Prozess / Jahr			42.830,77 €
CO₂ Ersparnis bei Foseco-Prozess / Transportpfanne		In kg CO ₂	0,51
CO₂ Ersparnis bei Foseco-Prozess / kg in kg CO₂			0,38
CO₂ Ersparnis bei Foseco-Prozess / Monat in kg CO₂			783,70
CO₂ Ersparnis bei Foseco-Prozess / Jahr in kg CO₂			9404,37

Tabelle 2: Prozesskostenvergleich

Untersuchung auf Salzlückstände

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



Bild 4: Aluminiumprobe für REM Untersuchung – nach Wärmebehandlung

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

Analysenparameter	Einheit	Ergebnis
Elemente / Kationen		
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 CO₂ Ersparnis von mehr als 9 Tonnen jährlich (bezogen auf 1000 Monatstonnen) sind Grund genug, bestehende Prozesse zu überdenken.

REFERENZEN

¹ Gießerei Lexikon

² 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://www.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

