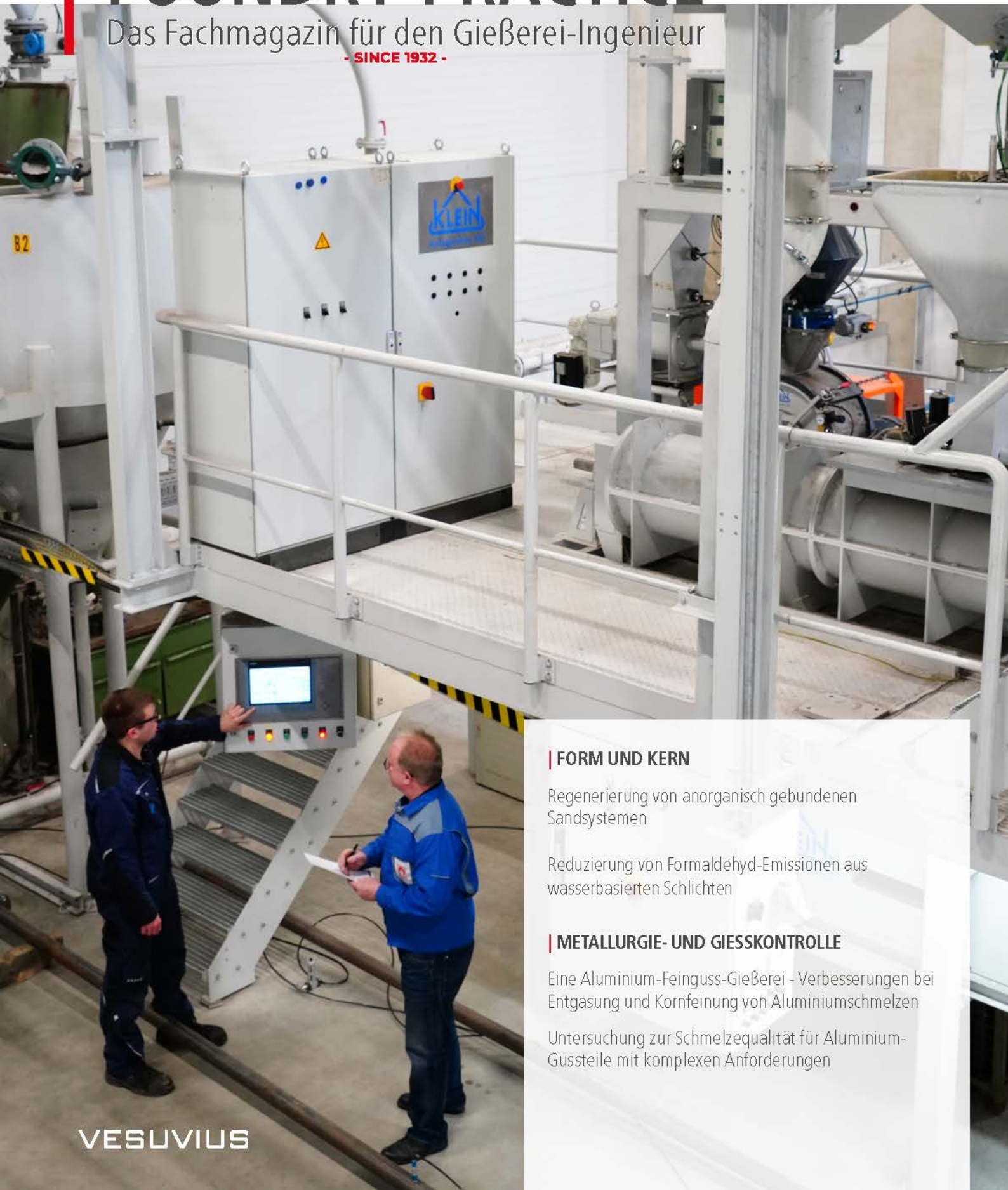


FOUNDRY PRACTICE

Das Fachmagazin für den Gießerei-Ingenieur

- SINCE 1932 -



| FORM UND KERN

Regenerierung von anorganisch gebundenen Sandsystemen

Reduzierung von Formaldehyd-Emissionen aus wasserbasierten Schichten

| METALLURGIE- UND GIESSKONTROLLE

Eine Aluminium-Feinguss-Gießerei - Verbesserungen bei Entgasung und Kornfeinung von Aluminiumschmelzen

Untersuchung zur Schmelzequalität für Aluminium-Gussteile mit komplexen Anforderungen

EDITORIAL

Als Unternehmen haben wir eine einfache Mission: unseren Kunden zu helfen, ihre Betriebsleistung zu verbessern. In dieser Ausgabe der Foundry Practice lesen Sie praktische Beispiele Ihre Produktionsprozesse weiter zu optimieren. Die Leistungssteigerung bringt jedoch noch weitere Vorteile: Ein effizienterer und produktiverer Prozess, reduziert auch die Umweltbelastung.

Im Jahr 2020 haben wir unsere Umweltverantwortung auf die nächste Stufe gehoben und eine neue Nachhaltigkeitsinitiative gestartet. Unser Ziel ist es, eine bessere Zukunft für unseren Planeten, unsere Kunden, unsere Mitarbeiter und unsere Gemeinschaften zu schaffen. Fachbeiträge, die spezifische Nachhaltigkeitsvorteile aufzeigen, werden jetzt mit Nachhaltigkeitslogos hervorgehoben. Achten Sie beim Durchlesen der Ausgabe auf sie.



REDUZIERUNG VON FORMALDEHYD-EMISSIONEN AUS WASSERBASIERTEN SCHLICHTEN

Angesichts der Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Formaldehyd (FH) in der EU wird die Freisetzung von FH aus wasserbasierten Schichten auf dem Prüfstand gestellt. In diesem Artikel wird eine neue Generation von FH-freien Schichten beschrieben, die Gießereien dabei helfen sollen, die neuesten behördlichen Anforderungen zu erfüllen, ohne die Leistung zu beeinträchtigen.

EINE ALUMINIUM-FEINGUSS-GIESSEREI - VERBESSERUNGEN BEI ENTGASUNG UND KORNFEBINUNG VON ALUMINIUMSCHMELZEN

Jüngste technologische Entwicklungen erhöhen die Leistung und verringern die Umweltauswirkungen von Behandlungsverfahren für Aluminiumlegierungen. Dieser Artikel diskutiert die Verbesserungen, wie sie in einer Gießerei in New Jersey, USA, implementiert wurden, mit Diskussionen über die Gründe vor der Implementierung und den Bewertungsprozess sowie die erzielten technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile.

UNTERSUCHUNG ZUR SCHMELZEQUALITÄT FÜR ALUMINIUM-GUSSTEILE MIT KOMPLEXEN ANFORDERUNGEN

Der Einsatz des MTS 1500-Verfahrens verbessert nachweislich die Schmelzesauberkeit bei der Herstellung von hochintegrierten Aluminiumgussteilen. In diesem Beitrag werden einige aktuelle Fallstudien erörtert, die sich auf Hochdruck-Druckgussanwendungen und die Verwendung der VMET-Schmelzequalitätsbewertung zur Quantifizierung des Grades der Verbesserung der Schmelzequalität konzentrieren.

REGENERIERUNG VON ANORGANISCH GEBUNDENEN SANDSYSTEMEN

In diesem Beitrag wird ein innovatives Verfahren zur effektiven Rückgewinnung von Gießereisand aus Kernen vorgestellt, die mit dem anorganischen Bindesystem SOLOSIL* TX hergestellt wurden.

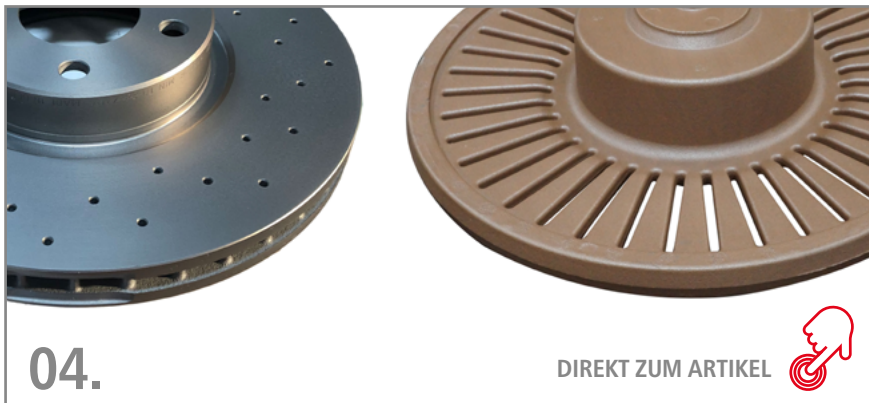
Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen dieser Ausgabe.

John Sutherland

JOHN SUTHERLAND

Intl. Marketing Services Manager

INHALTSANGABE



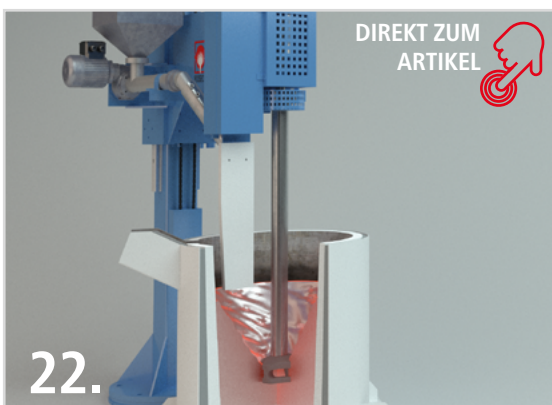
04.

DIREKT ZUM ARTIKEL



11.

DIREKT ZUM ARTIKEL



22.

DIREKT ZUM
ARTIKEL



32.

DIREKT ZUM
ARTIKEL



04. EISENGIESSEREI SCHLICHTEN

Reduzierung von Formaldehyd-Emissionen
aus wasserbasierten Schlichten

Autoren: Christoph Genzler und Rene Roeleveld, Foseco Germany



22. NICHTEISENGIESSEREI METALLURGIE- UND GIESSKONTROLLE

Untersuchung zur Schmelzequalität für Aluminium-
Gussteile mit komplexen Anforderungen

Autoren: Philippe Kientzler (MSc) und Takehiko Okamoto,
Foseco Japan, Tenco Xue, Foseco China und Pramuk
Uhapattanapanich, Foseco Thailand

11. NICHTEISENGIESSEREI METALLURGIE- UND GIESSKONTROLLE

Eine Aluminium-Feinguss-Gießerei - Verbesserungen
bei Entgasung und Kornfeinung von
Aluminiumschmelzen

Autoren: Robert Zebick; Atlantic Casting & Engineering und
Brian Began; Foseco Foundry Division, Vesuvius PLC

32. EISENGIESSEREI BINDEMittel

Regenerierung von anorganisch
gebundenen Sandsystemen

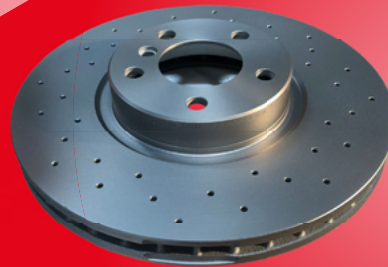
Autoren: Dr. Vincent Haanappel und Thomas Linke, Foseco
Germany und Markus Jendrock and Dr. Enno Schulte, KLEIN
Anlagenbau AG



DAS FOSECO
PRODUKTPORTFOLIO
FÜR NACHHALTIGKEIT

... WIE UNSERE PRODUKTE DAZU
BEITRAGEN KÖNNEN





REDUZIERUNG VON FORMALDEHYD-EMISSIONEN AUS WASSERBASIERTEN SCHLICHTEN



Autor: Christoph Genzler, Rene Roeleveld

Ob in unserem persönlichen Leben oder in der Wirtschaft, die ökologische Nachhaltigkeit hat eine immer höhere Priorität. Wir alle müssen unser Möglichstes tun, um neue, strengere und/oder überarbeitete Vorschriften einzuhalten, um der nächsten Generation eine gesündere Umwelt zu hinterlassen.

Daher ist jetzt der richtige Zeitpunkt, um Produkte einzusetzen, die die Umweltausbeeinflussung durch Giessereibetriebe reduzieren können.

Dieser Artikel befasst sich mit wasserbasierten Gießereischichten, die darauf ausgelegt sind, die Formaldehydemissionen (FH) zu reduzieren. Damit unterstützen sie Gießereien dabei, die neuesten EU-Vorschriften zur FH-Freisetzung in Schlichtetrocknungsprozessen einzuhalten.



EINLEITUNG

Alle Systeme auf Wasserbasis sind anfällig für den Befall durch Mikroorganismen, wie z. B. Bakterien und Pilze, die die Leistung dieser Systeme beeinflussen und zu erheblichen Veränderungen während der Anwendung führen können. Mikroorganismen können auch die Gesundheit der Anwender beeinträchtigen, die kontaminierte Produkte verwenden.

Um solche Auswirkungen zu vermeiden und wasserbasierte Systeme vor Bakterienbefall zu schützen, werden Biozide in deren Zusammensetzung verwendet. In Giessereien sind Schichten auf Wasserbasis die Hauptprodukte, die diese Art von Schutz benötigen.

Die Biozide enthalten in der Regel Formaldehyd (FH), als starkes antibakterielles und antifungales Mittel. Dieses FH wird unter bestimmten Bedingungen freigesetzt, wie z. B. bei Schlichtetrocknungsprozessen, und trägt daher zu den gesamten FH-Emissionen der Gießerei bei.

Dies stellt jedoch eine Herausforderung dar, da FH als Schadstoff gilt und als solcher von der EU reguliert wird. Die EU-Richtlinie zur Emission von Schadstoffen (2008/50/EG) wurde kürzlich überarbeitet, um die zulässigen FH-Belastungswerte von $20\text{mg}/\text{m}^3$ auf nur noch $5\text{mg}/\text{m}^3$ zu reduzieren.

Auch Gießereien mit Abgasreinigungsanlagen müssen diese neuen Grenzwerte übernehmen. So wurde die überarbeitete Richtlinie für Deutschland als neue TA-Luft-Verordnung umgesetzt, die eine Neuanpassung der Emissionswerte bei alten und/oder bestehenden Anlagen erfordert.

In vielen Fällen würde dies zu Investitionen in neue Gasaufbereitungsanlagen führen. Die neuen Grenzwerte sind seit Februar 2020 in Kraft.

Foseco hat die Herausforderung angenommen und eine neue Schlichte auf Wasserbasis entwickelt,

die Gießereien dabei hilft, ihre FH-Emissionen an dem Punkt im Prozess zu reduzieren, an dem die FH-Konzentration am höchsten ist: am Abluftkamin der Kerntrocknungsanlage. In diesem Artikel geht es jedoch nicht um die FH-Werte in Foseco-Schichten als solche, sondern um die gesamten FH-Emissionen, zu denen der Schlichtetrocknungsprozess beiträgt.

EINE SCHLICHTE FÜR REDUZIERTER FH-EMISSIONEN

Gießereien, die Schichten auf Wasserbasis verwenden, folgen einem etablierten Trend weg von lösungsmittelbasierten Schichten, um die Umweltauforderungen besser zu erfüllen. Diese wasserbasierten Schichten müssen jedoch vor mikrobiologischem Befall geschützt werden:

Wasserbasierte Beschichtung – BAKTERIELLE INFektion – AUSWIRKUNGEN / MASSNAHMEN / LÖSUNGEN



Foto 1. Mit Bakterien infizierter Schlichtebehälter

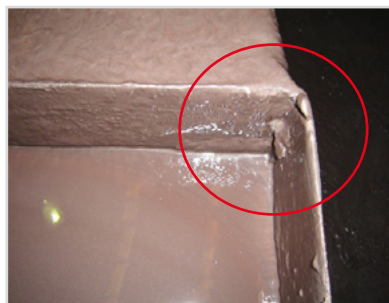


Foto 2. Totzone ungemischter Schlichte im Tauchbecken.

Da die Umstellung von lösungsmittelbasierten auf wasserbasierte Schichten in Europa mit zunehmender Geschwindigkeit erfolgt, ist es

notwendig, auf die Auswirkungen von Mikroorganismen auf die Schlichte aufmerksam zu machen.

SCHLICHTE-VERÄNDERUNGEN BEI KONTAMINATION MIT MIKROORGANISMEN

- Geruch
- pH-Abfall
- Erhöhte Sedimentation
- Schlechte Fließeigenschaften
- Reduzierte Randabdeckung
- Graphit-Flotation
- Viel stärkeres Eindringen der Schlichte, die zum Kernbruch führen kann
- Synerese
- Veränderte Benetzungseigenschaften
- Risse in der Schlichteoberfläche



Foto 3. Synerese Erscheinung bei Verwendung von Schlichte mit Bakterienbefall

KONSERVIERUNG VON SCHLICHTEN

Alle Foseco-Schichten auf Wasserbasis haben ein eingebautes Biozid, das das Produkt für die angegebene Haltbarkeitsdauer vor Verderb durch das Wachstum von Mikroorganismen schützt. Durch Verdünnen mit verunreinigtem Wasser und/oder Einbringen von Material in die Schlichte, welches das Wachstum von Mikroorganismen im Laufe der Zeit unterstützt (z.B. wirkt Amin als Nährstoff für Bakterien), kann es jedoch trotzdem zu einer Kontamination kommen. Diese Biozide verbleiben in der aufgetragenen nassen Schlichteschicht und geben beim Trocknen der Beschichtung allmählich FH ab. In Fällen, in denen die Trocknung durch den Einsatz von Trockenöfen beschleunigt wird, sind die FH-Emissionswerte im Ofen und damit im Schornstein des Ofens tendenziell höher.

SCHLICHTEZUSAMMENSETZUNG

Im Vergleich zu den übrigen Komponenten, die für die Schlichteherstellung benötigt werden, macht das Biozid nur einen sehr geringen Anteil ($< 0,1\%$) aus, trägt aber dennoch zum FH-Gesamtniveau bei.

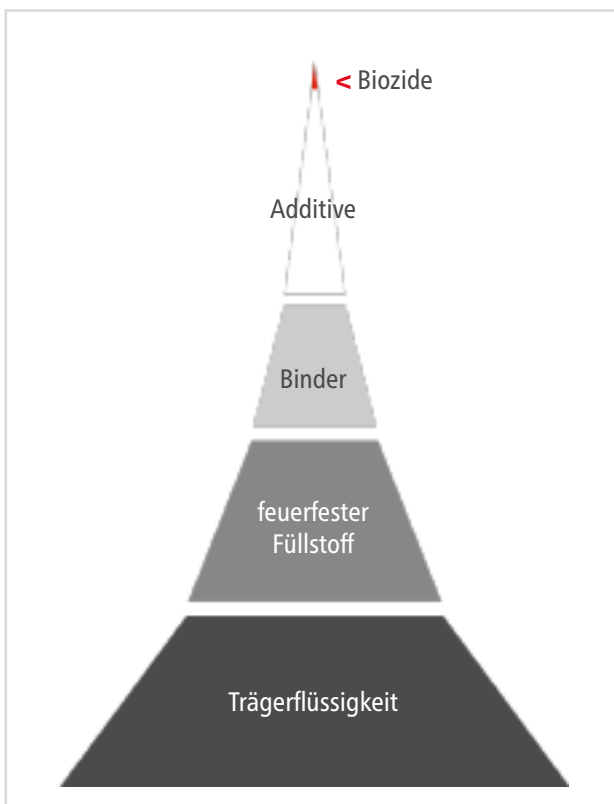


Foto 4: Schlichtekomposition

FH- EMISSIONEN IN GIESSEREIEN

Während des Gießprozesses treten in einer Gießerei verschiedene FH-Emissionen auf, wie z.B.:

- Im Schmelzbetrieb während des Gießens,
- beim Ausrütteln, durch zersetzte Binderbestandteile, und
- In der Kernmacherei beim Mischen von Sand/Binder, bei der Kern-/Formherstellung und bei der Schlichtetrocknung.

FH ist ein Gas, das leider nicht einfach zu messen ist. Das liegt an seiner Beschaffenheit und Reaktivität mit anderen Chemikalien sowie daran, dass es ein Reaktionsprodukt sein kann, das bei der Veränderung einer chemischen Komponente freigesetzt wird, z.B. bei Aushärtungs-, Trocknungs- und Begasungsprozessen. Jeder, der schon einmal Möbel zusammengebaut hat, wird jedoch den Geruch von FH kennen, da es in vielen Holzwerkstoffen, wie z. B. Spanplatten, sowie in vielen Textilien verwendet wird.

Wenn wir uns in der folgenden Diskussion nur auf die Umgebung der Kernmacherei konzentrieren, sind zugegebenermaßen viele verschiedene Gerüche wahrnehmbar. In der Regel wird die Luft einer Kernmacherei abgesaugt und eventuell aufbereitet. Sie wird dann in der Regel über den Schornstein an die Atmosphäre abgegeben.

Für die örtlichen Behörden, die für die Überwachung und Kontrolle der Gasemissionen zuständig sind, ist der Abluftkamin das Hauptaugenmerk. Hier können Gasproben zu verschiedenen Zeiten und Anlagenbelastungen genommen werden, um die Gasfreisetzung zu überprüfen - ein teuer und komplexer Prozess, bei dem viele Einflüsse berücksichtigt werden müssen.

Speziell für FH gibt es keinen gängigen industriellen Standardtest. Foseco musste daher eine zuverlässige Testmethode entwickeln, die auch bei der Weiterentwicklung neuer Produkte helfen wird.



Foto 5: FTIR (Fourier Transform Infrared) Gasanalysator



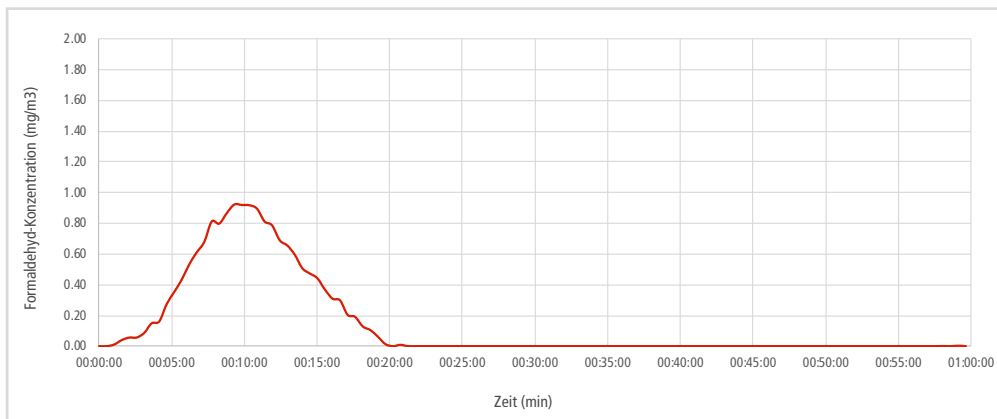
Foto 6: Formaldehyd-Emissionsmuster bei 150°C im Trockenschrank

Der Versuchsaufbau besteht aus einem abgedichteten Trockenofen mit einer Vorrichtung zur Aufnahme der Probe, einem beheizten Abgas-Sampler und beheizten Rohren, um jegliche Kondensation zu vermeiden. Die beheizten Rohre sind mit dem Gasanalysator verbunden, der dann verschiedene Schadstoffgasströme, auch solche, die gleichzeitig auftreten,

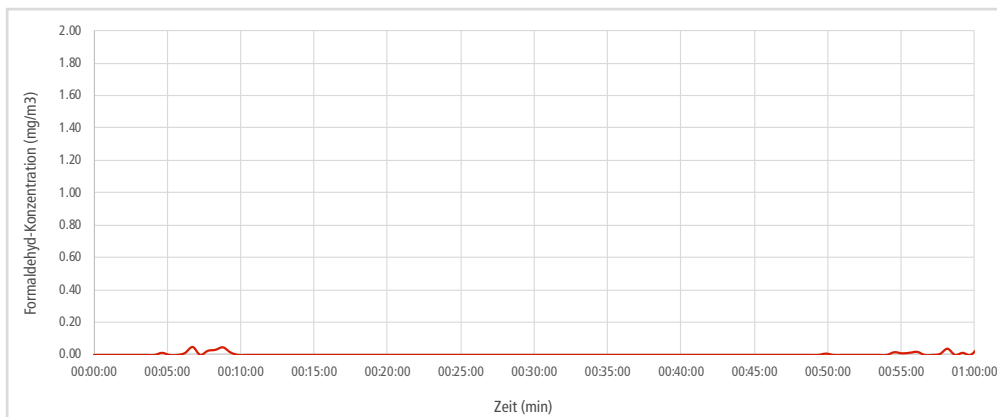
bestimmen kann. Die Tests werden über einen Zeitraum von 1 Stunde durchgeführt und ermöglichen Foseco die gezielte Entwicklung neuer Produkte, unter Berücksichtigung von kundenspezifischen Trocknungszyklen. Um den Kunden zu helfen, die neu festgelegten Grenzwerte einzuhalten, lag unser erster Fokus auf der

Entwicklung einer Schlichte, die während der Trocknungszeit keine FH freisetzt, aber dennoch den gleichen Schutz gegen mikrobiologischen Befall bietet. Während dieser Phase wurden recht interessante Beobachtungen gemacht.

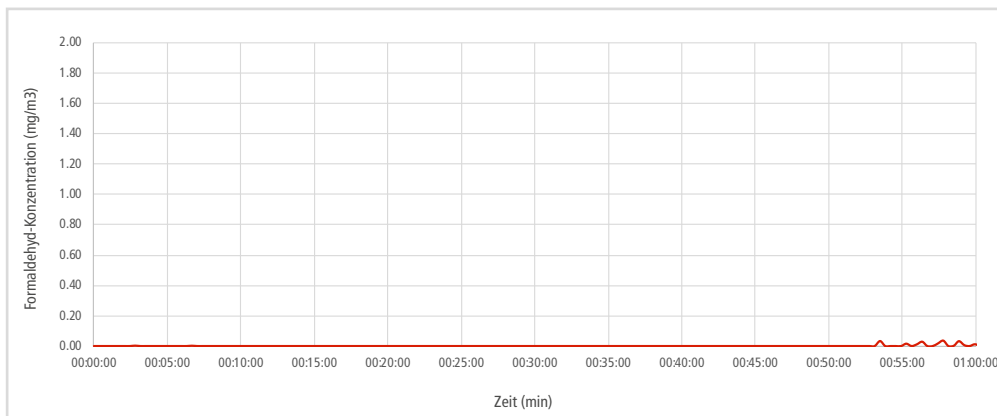
FORMALDEHYD-EMISSIONSMUSTER BEI 150°C IM TROCKENSCHRANK



Grafik 1: Cold Box Kern frisch - wie hergestellt

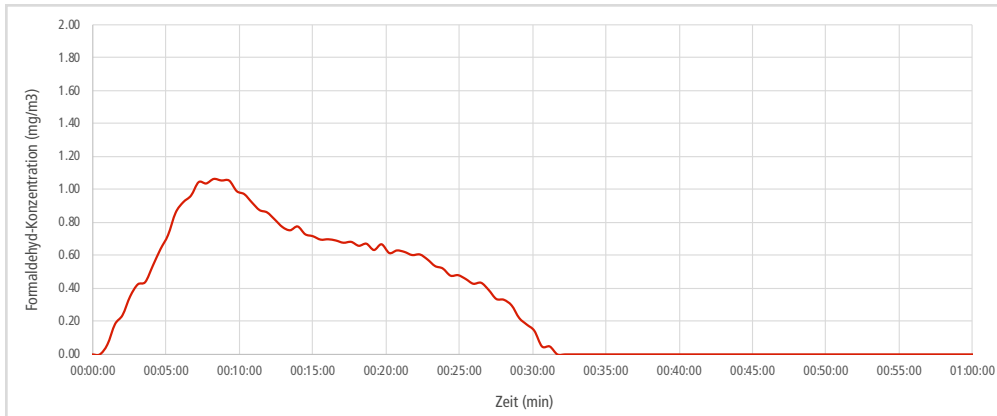


Grafik 2: 3 Tage gealterter PUCB-Kern

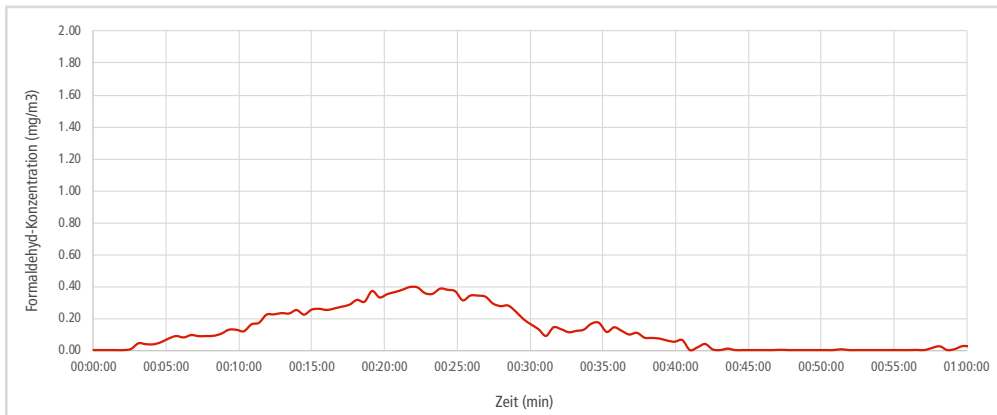


Grafik 3: 11 Tage alter PUCB-Kern

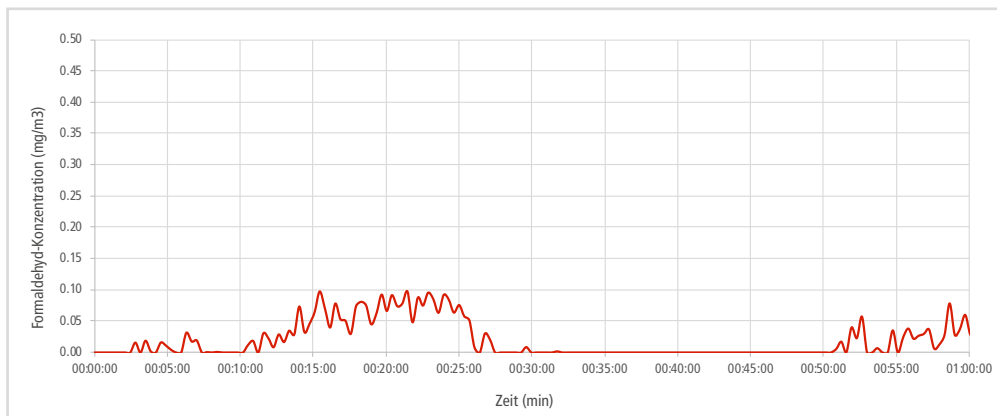
Nur der frisch hergestellte Cold Box Kern gibt einen signifikanten Beitrag zur gesamten FH-Emission ab. Die Kernlagerung reduziert die FH-Emission während der Trocknung.



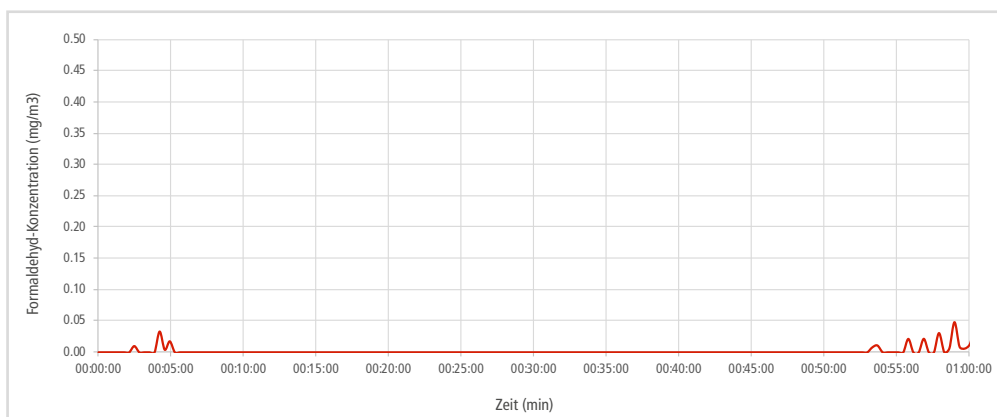
Grafik 4: FH-Emission vom frischem PUCB-Kern mit herkömmlicher Schlichte



Grafik 5: FH-Emission vom frischem PUCB-Kern mit neuer SEMCO FF Schlichte



Grafik 6: FH-Emission von 11 Tage gealterten Kernen und herkömmlicher Schlichte



FH-Emission von 11 Tage gealterten Kernen und NEUER SEMCO FF Schlichte

SCHLUSSFOLGERUNG

Neben der aufgetragenen Schlichte gibt es in einer Kernmacherei eine ganze Reihe weiterer FH-freisetzender Elemente, wie z. B. Bindemittel und Additive, die zu den gesamten FH-Emissionen beitragen. Hinzu kommt, dass während mehrerer Prozessschritte, z.B. Kernschiessen, Trocknen und Lagern, FH durch Komponenten freigesetzt werden kann, die sich auf Grund von chemischen Reaktionen bilden und als ein Schritt in diesem Veränderungsprozess FH freisetzen. Während der oben genannten FH-Untersuchung wurde deutlich, dass die neue Schlichtegeneration SEMCO FF nur der allererste Schritt für moderne wasserbasierte Schlichten ist, die den Gießereien helfen, die neuesten EU-Vorschriften zu erfüllen.

Der nächste Schritt bei der Entwicklung der Beschichtung wird die Weiterentwicklung der Beschichtung zu einer FH-Barriere sein, bei der die FH-freie Beschichtung tatsächlich FH absorbiert, die aus dem Sandbindemittel oder den Additiven freigesetzt wird.

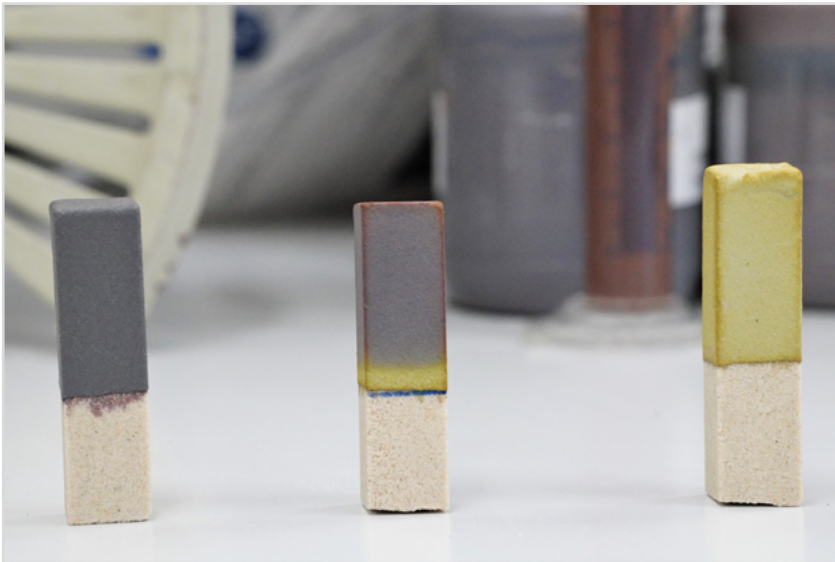


Foto 7: SEMCO FF Schlichten können so modifiziert werden, dass sie einen Farbwechsel beim Trocknen aufweisen.

All dies kann mit einer weiteren Möglichkeit kombiniert werden, die den Kern-Trocknungsprozess optimieren kann. Indem ein Farbwechsel beim Trocknen integriert wird, kann der Anwender in der Kernmacherei schnell und einfach erkennen, wann der Trocknungsprozess abgeschlossen ist. Dies wird den Energieverbrauch optimieren und somit die Kosten und den CO₂-Footprint des Kernmachereibetriebs reduziert.

REFERENZEN

Alle in diesem Dokument erwähnten Arbeiten wurden in den Foseco-Labors durchgeführt und stellen die Ergebnisse dieser Untersuchungen dar.

KONTAKT



CHRISTOPH GENZLER

EUROPEAN
PRODUCT MANAGER
COATINGS

christoph.genzler@vesuvius.com
+31 7424 92 195

MEHR ERFAHREN

*Mehr über die Beschichtung mit
reduzierter Formaldehyd-Emission
erfahren*

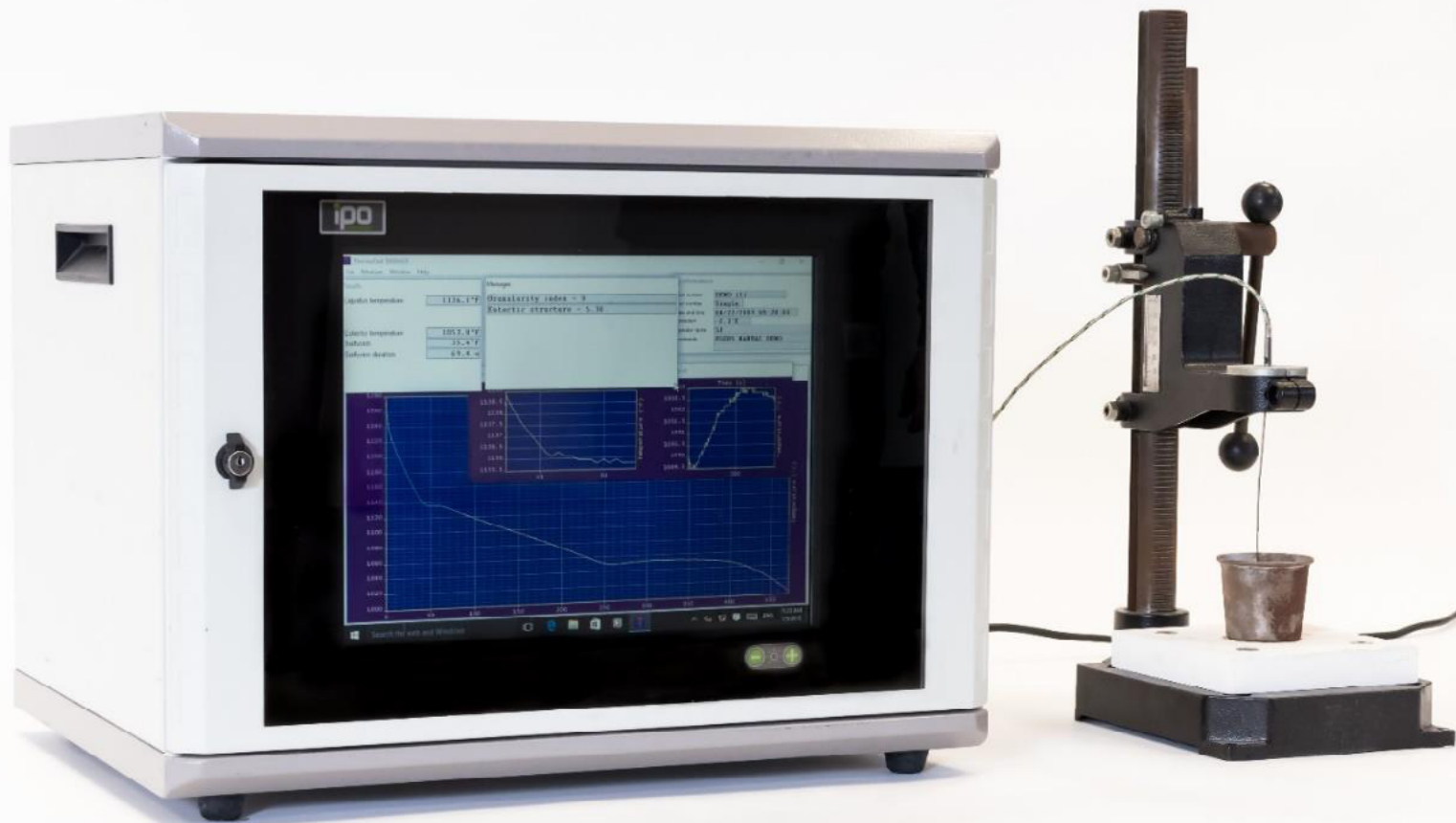
SIEHE VIDEO

SIND WIR SCHON VERNETZT?

**Sichern Sie sich
die aktuellsten
Informationen über
neue Produkt-
entwicklungen,
regelmäßige Webinare
oder die neuesten
Nachrichten über uns
und unsere Mitarbeiter.**

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





EINE ALUMINIUM-FEINGUSS-GIESSEREI- VERBESSERUNGEN BEI ENTGASUNG UND KORNFEINUNG VON ALUMINIUMSCHMELZEN

Autoren: Robert Zebick; Atlantic Casting & Engineering and Brian Began; Foseco Foundry Division, Vesuvius PLC

Die Anforderungen an die Entgasung, die chemische Reinigung und die Kornfeinung von geschmolzenen Aluminiumlegierungen für den Feinguss sind seit langem bekannt. Die Weiterentwicklung der Anforderungen der Gießereikunden, die heute größere Gussteile oder kompliziertere Geometrien als die vorherige Generation benötigen, erfordert eine bessere und gleichmäßigere Schmelzebehandlung der Aluminiumlegierungen. Verschiedene technologische Fortschritte in jüngster Zeit haben dazu geführt, dass die Entgasung, die chemische Reinigung und die Kornfeinung leistungsfähiger und dabei umweltfreundlicher sind, als dies in der Vergangenheit möglich war.

Dieser Beitrag berichtet über die Bemühungen von Atlantic Casting & Engineering (ACE) in Clifton, NJ, ein verbessertes Verfahren zur Behandlung von Aluminiumlegierungen einzuführen, um mit den Anforderungen der Industrie Schritt zu halten. Neben dem Umsetzungsprozess werden auch die Gründe sowie der Bewertungsprozess für die Verbesserungen dokumentiert und die wirtschaftlichen, technischen und ökologischen Vorteile erörtert, die mit der vollständigen Einführung des neuen Behandlungsverfahrens erzielt wurden.



EINFÜHRUNG

Die Gießerei Atlantic Casting & Engineering befindet sich in Privatbesitz und produziert seit über 80 Jahren Gussteile. Die Gießerei stellt präzise und geometrisch komplexe Gussteile her, in erster Linie für den Luft- und Raumfahrtmarkt, aber auch für das Militär, die Elektronik, das Transportwesen, die Medizintechnik und verschiedene andere Märkte. Der Betrieb verfügt über zwei verschiedene Verfahren zur Herstellung von Formen, wobei Teile bis zu einem Würfel von 75 cm bearbeitet werden können. ACE vergießt pro Tag etwa 3500 kg Aluminium. Der Betrieb umfasst verschiedene Pasten- und Flüssigwachsspritzmaschinen mit einer Schließkraft von 5 bis 100 Tonnen. Der Bereich für die Einbettmasse umfasst sowohl automatische als auch manuelle Tauchverfahren, gefolgt von einer Entparaffinierung in Autoklaven. In sieben elektrischen Schmelzöfen werden täglich ca. 3.500 kg Metall aus bis zu 15 verschiedenen Aluminiumlegierungen verarbeitet. Die Gießerei verfügt über eine Vielzahl von Anlagen für die Endbearbeitung, Wärmebehandlung und das Richten von Gussteilen sowie über eine komplette CNC-Maschinenwerkstatt.

VERFAHREN DER SCHMELZBEHANDLUNG

Die Gießerei schmilzt und gießt eine Reihe von Aluminiumlegierungen, darunter A201, A203, A205, C355, A356 und F357. Diese Schmelzen werden in einem von sechs elektrisch widerstandsbeheizten Tiegelöfen mit einem Fassungsvermögen von 100 bis 500 kg geschmolzen und behandelt. Alle Mittel zur Schmelzbehandlung werden vor dem Gießen direkt in den Ofen und nicht in die Gießpfanne gegeben.

In der Vergangenheit hat die betreffende Gießerei metallische AlTiBor-Gießlinge mit 5 % Titan und 1 % Bor in die Schmelze genutzt. Die Zugabe von 0,25 % bezogen auf die Schmelzmenge erfolgte vor dem Entgasungsprozess, bei dem ein einfacher Rotor in Form eines Zahnrades verwendet wurde, das mit einer simplen pneumatisch angetriebenen Entgasungseinheit verbunden war. Diese wurde über einen

Flaschenzug angehoben, abgesenkt und transportiert. Als Spülgas wurde während der 30-minütigen Rotorentgasung hochreines Argon eingesetzt.

Zusätzlich zur Rotorentgasung wurden Hexachlorethan-Entgasungstabletten getaucht, um jede Schmelze sowohl zu reinigen als auch zusätzlich zu entgasen. Die Behandlungen mit Hexachlorethan-Entgasungstabletten dauerten jeweils 10 Minuten bei einer Zugabemenge von 0,15 %.

Früher verwendete man zur Bewertung der Kornfeinheit ausschließlich die Funkenspektroskopie des Titans. Hierbei wurde ein typischer Zielwert von 0,15 % (+/- 0,02 %) Titan festgelegt. Für die Bewertung der Entgasungseffizienz wurde eine standardmäßige Unterdruckdichteprobe (UDIP) durchgeführt, bei dem die Probe sieben Minuten lang unter Vakuum bei 70 (+/- 10) mbar erstarrte. Abbildung 1 zeigt ein Bild der Vorrichtung für den Unterdrucktest.

Nach dem Erstarren wurden die spezifische Dichte der Probe mittels hydrostatischem Verdrängungsverfahren bestimmt. Die Mindestanforderungen für das spezifische Gewicht der einzelnen gegossenen Legierungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.



Abbildung 1. Abb. des UDIP-Geräts, das zur Bewertung der Entgasungseffizienz verwendet wird

Legierung	Spezifische Dichte (Minimum)
201	2,70 g/cm ³
A203	2,70 g/cm ³
A205	2,80 g/cm ³
C355	2,65 g/cm ³
A356	2,65 g/cm ³
F357	2,65 g/cm ³

Tabelle 1. Legierungen und Mindestwerte für das spezifische Gewicht

THERMISCHE ANALYSE

Es ist erwiesen, dass sich die Kornfeinung positiv auf die Speisung, das Fließverhalten und die mechanischen Eigenschaften von Aluminiumgussstücken auswirken kann. Daher kann eine unzureichende Kornfeinung zu Lunkern in Aluminiumgussteilen führen. Darüber hinaus ist bekannt, dass ein zu hoher Sr-Gehalt in Aluminium-Silizium-Legierungen zu Porosität führen kann, die sich auch im Aluminiumguss bemerkbar macht. Deshalb wurde beschlossen, die Kornfeinung und den Grad der eutektischen Modifikation zu bewerten, um zu sehen, ob eine verbesserte Praxis möglich ist.

Ein THERMATEST 5000 NG III Thermoanalysegerät (TA) wurde verwendet, um Kornfeinung und Veredlung der behandelten Schmelzen zu bewerten, nachdem sie für den Guss vorbereitet sind. Bei der thermischen Analyse werden Daten über die Temperatur in Abhängigkeit der Zeit einer erstarrenden Schmelzprobe erfasst und die Kurve algorithmisch mit einer Reihe bekannter Kurven verglichen. Ein Foto der betreffenden TA-Einheit ist in Abbildung 2 zu sehen.

Der Algorithmus der Thermoanalyse bewertet die Abkühlkurve der Probe und berechnet eine Kornfeinungszahl (KF) auf einer Skala von 1-9 zur Bewertung der Korngröße. Ein Wert von 1 bezieht sich auf eine Kurve, die perfekt mit solchen ohne Kornfeinung vergleichbar ist. Im Gegensatz dazu wird eine KF von 9 erreicht, wenn diese Kurve der Probe mit Kurven einer „perfekten“ Kornfeinung von Schmelzen mit der gleichen

Legierungszusammensetzung übereinstimmt. Eine bildliche Darstellung der Kornfeinungsgrade ist in Abbildung 3 zu sehen.

Das TA-Gerät ist auch in der Lage, die Wirksamkeit der eutektischen Veredlung zu bewerten. Wie bei der Kornfeinung vergleicht das TA-Gerät experimentell abgeleitete Temperatur-Zeit-Kurven mit bekannten Standards und berechnet eine Punktzahl auf einer Skala von 1-7. Die Skala zur Messung des eutektischen Gefüges ist die Veredlungszahl (V). Diese unterscheidet sich insofern von der Kornfeinung, als eine Punktzahl von 7 nicht für eine perfekte Veredlung steht, sondern eher für einen Zustand, in dem zu viel Sr hinzugefügt wurde und eine eutektische Schrumpfung zu erwarten ist. In der Regel streben Gießer von AlSi7Mg Legierungen, die das Si-Eutektikum in ihren Schmelzen bewusst veredeln, einen Bereich von 4 bis 5,5 für die Veredlungszahl an. Niedrigere Werte deuten auf eine unzureichende Veredlung, höhere Werte auf eine zu starke Sr-Veredlung hin.

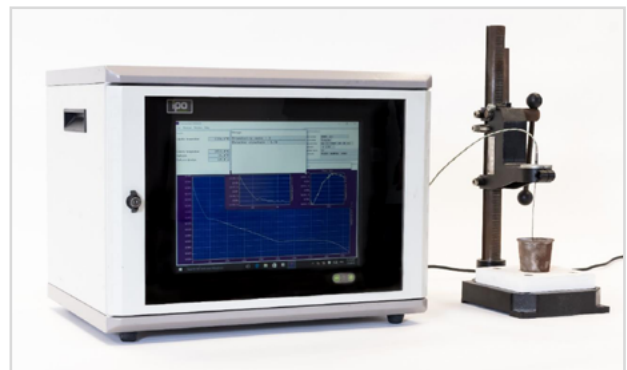


Abbildung 2. Thermoanalyse, die bei der Schmelzbewertung verwendet wurde

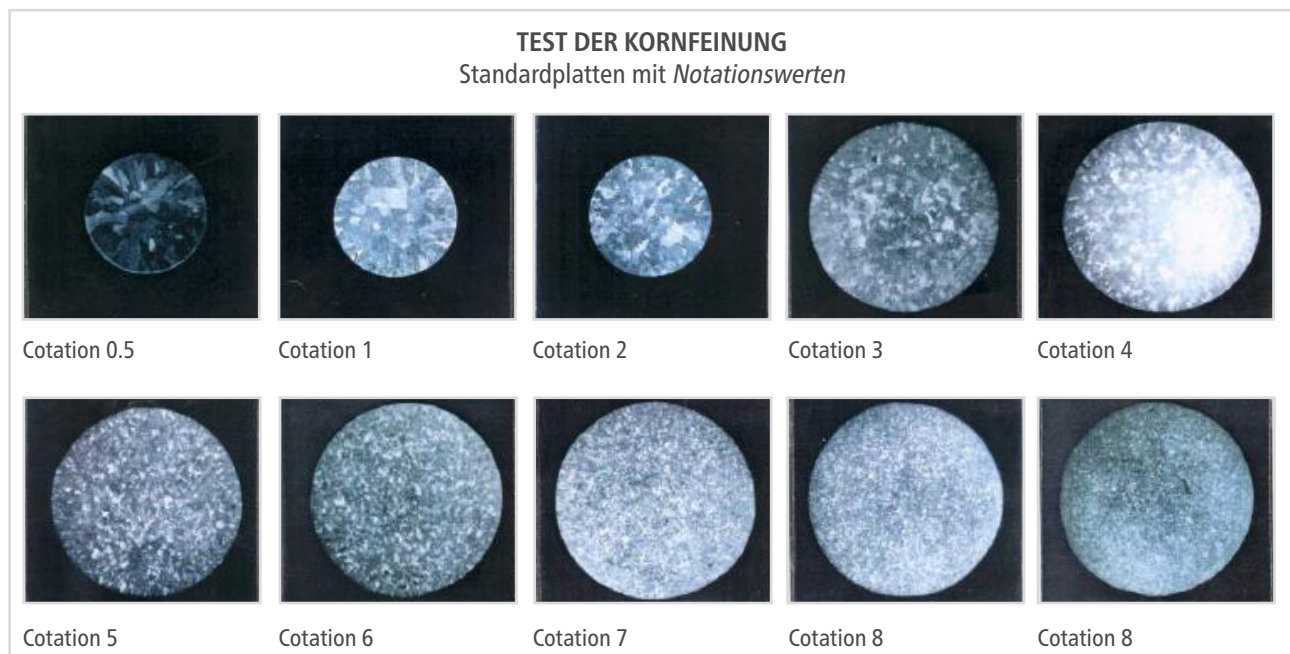


Abbildung 3. Bildliche Darstellung der von der TA gemessenen Kornfeinungsgrade



Die Ergebnisse der TA-Bewertung des bei ACE etablierten Verfahrens sind in Tabelle 2 dargestellt. Es ist anzumerken, dass in der Regel keine Veredlung des eutektischen Gefüges erfolgt, so dass für V ein niedriger Wert von nahezu 1 zu erwarten war.

Die Ergebnisse der TA-Analyse zeigen deutlich, dass die Kornfeinung weiter verbessert werden kann, da der Höchstwert von 9,0 in keiner der drei untersuchten Schmelzen erreicht wurde. Daher wurde ein Projekt zur Verbesserung der Kornfeinung initiiert.

CHEMISCHE KORNFENER

Bevor es die Kornfeinung mit metallischen Zusätzen wie TiBor gab, wurde die Kornfeinung überwiegend durch Salztabletten erreicht. Die Salztabletten zersetzten sich und reagierten bei Behandlungstemperatur der Aluminiumlegierungen, um in-situ Keime zu bilden. Beispiele für aus Salzen erzeugte Keime sind unter anderem $TiAl_3$, TiB_2 und AlB_2 . Diese Beispiele für mögliche Keime wurden für die Auflistung gewählt, da sie die gleichen Keime sind, die sich aus metallischem TiBor bilden. Weitere Informationen über die Kornfeinung finden sich in dem von Began und Careil verfassten Artikel.⁵

Die Tabletten zur Kornfeinung schwimmen in der Schmelze auf und mussten aufwendig manuell getaucht werden. Dieser Arbeitsschritt war zeitintensiv und die Wirkung oft vom Bediener abhängig. Die elementare Fe-Verunreinigung durch die gusseisernen Tauchglocke führte sowohl zu chemischen Problemen als auch zu Problemen mit den mechanischen Eigenschaften des Aluminiums. TiBor als Vorlegierung metallischer Form überwand die Auftriebsprobleme der Tabletten. Obwohl es teurer und weniger effektiv als die Kornfeinung mit Tabletten war, fand es weite Verbreitung, da es das Problem der Fe-Kontamination vorerst löste und einfach und schnell anzuwenden ist.

In den letzten zehn Jahren wurde ein neuartiger chemischer Kornfeiner in Granulatform entwickelt, der eine Verbesserung gegenüber TiBor in metallischer Form darstellt. Ein kürzlich erschienener Artikel dokumentierte den technischen und finanziellen Erfolg der Umstellung von TiBor Vorlegierung auf den neuen Kornfeiner NUCLEANT 1582 in der Gießerei Littlestown in Littlestown, PA.⁶ Das Granulat kann ohne gusseiserne Werkzeuge eingesetzt werden, so dass die mit dem Tauchen von Tabletten verbundenen Probleme der Fe-Kontamination überwunden sind. Im Gegensatz zu den Tabletten kann das Granulat in eine Schmelzebehandlungsstation (MTS – Metal Treatment Station) integriert werden, so dass bei der Anwendung nur Graphit und inerte Keramiken der Schmelze in Berührung kommen. Der chemische Kornfeiner hat den zusätzlichen Vorteil, dass er ein sehr starkes Reinigungsflussmittel ist und mit Oxiden reagiert und sie vom Aluminium trennt.

Die Zugabe des chemischen Kornfeiners erfolgt überwiegend mit MTS 1500. Dabei wird während der bekannten FDU Rotorentgasung vorübergehend ein kontrollierter Strudel in der Schmelze erzeugt, indem die Prallplatte deaktiviert und die Drehzahl von Graphitschaft und -rotor erhöht wird. Eine SPS-Steuerung startet die Zugabe des Behandlungsgranulats in den Strudel. Dort wird es bis zur vollständigen Reaktion mit der Schmelze vermischt, bevor die Prallplatte wieder aktiviert wird und den Strudel effektiv stoppt. Danach wird die Rotorentgasung bis zum Erreichen der geforderten Schmelzequalität fortgesetzt. Die Schmelze in der Pfanne oder im Tiegel kann vergossen oder in den Gießofen umgefüllt werden.

Legierung	Kornfeinung (KF)	Veredlung (V)
355	6,9	2,51
356	6,2	1,27
357	7,5	N/A

Tabelle 2. Ergebnisse der TA-Bewertung mit dem etablierten Verfahren

EXPERIMENTELLES VERFAHREN

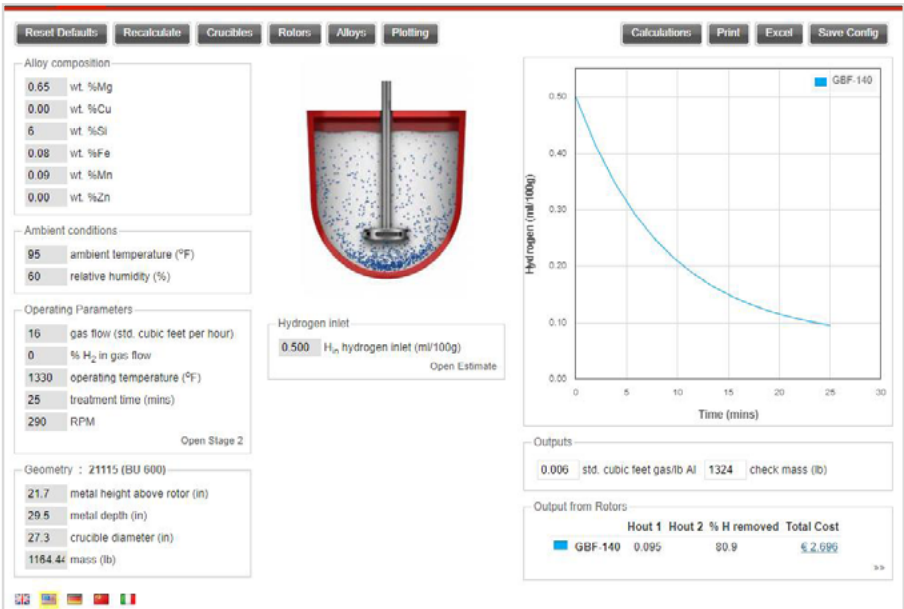
ENTGASUNGSSIMULATION

Um eine optimale Wasserstoffentfernung zu erreichen, wurde ein Entgasungsmodell verwendet, mit dem die minimale Zykluszeit bestimmt wird. 7 Die Parameter wurden für die Legierung 357 eingegeben, da diese im Allgemeinen die schwierigste der oben genannten Legierungen in Bezug auf die Zykluszeit ist.

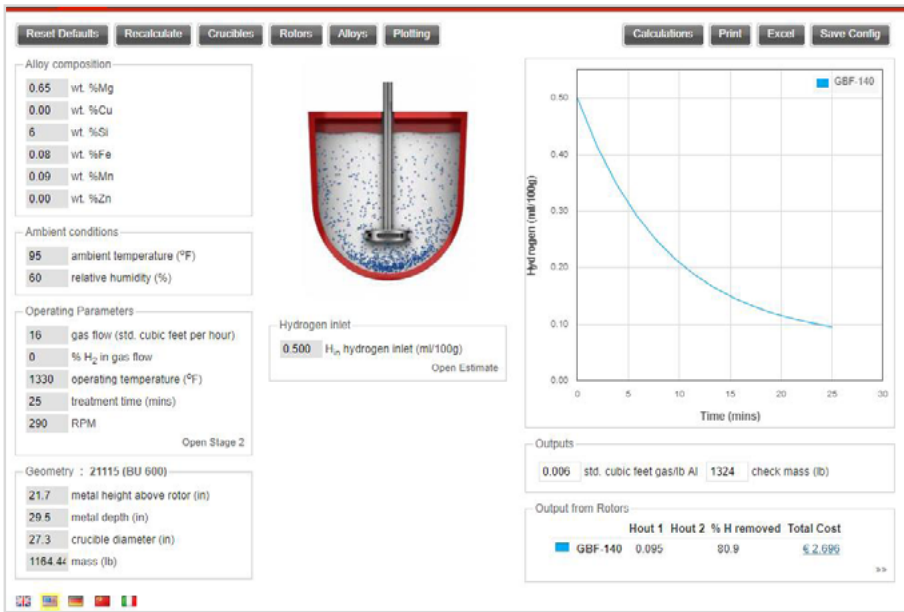
Die Berechnung erfolgte mit gewählten Extrembedingungen, bei denen die Entgasung am schwierigsten ist, z.B. hohe Lufttemperatur und -feuchtigkeit. Die Parameter für den neuen Prozess sind in Tabelle 3 aufgeführt. Es wurde auch ein Modell für das bisherigen Verfahrens erstellt, wobei die für den alten Prozess verwendeten Rotordaten wie Drehzahl, Durchflussmenge usw. eingesetzt wurde. Die Ergebnisse des Modells für das bisherige und das neu vorgeschlagene Verfahren sind in den Abbildungen 4(a) und 4(b) dargestellt.

1200 lb Tiegel	XSR 220 Rotor
357 (AlSi7Mg0,6) Legierung	0,50 ml H2 / 100 g Al Startwert
1330° F (721 °C) Schmelzetemperatur	600 s Mindest- behandlungszeit
60 % relative Luftfeuchtigkeit	95° F (35 °C) Umgebungstemperatur

Tabelle 3. Parameter für die Entgasungssimulation



(a) Simulation des bisherigen Entgasungsprozesses



(b) Simulation des vorgeschlagenen Entgasungsprozesses

Abbildung 4. Ergebnisse der Entgasungssimulation in einem 1200 lb-Ofen



Die Ergebnisse der Entgasungssimulation bestätigten, dass das neue Rotordesign und die gewählten Parameter selbst unter schwierigen Startbedingungen in der Lage sein sollten, die Schmelze in etwa sechs bis acht Minuten zu entgasen. Ein durchschnittlicher Zyklus von 13 bis 15 Minuten sollte demnach mehr als ausreichend sein, um eventuell auftretenden Rotor- oder Prallplattenverschleiß oder Abweichungen bei der Positionierung des Entgasungsgerätes zu kompensieren. Die für das bisherige Verfahren durchgeführte Prozessmodellierung deutet darauf hin, dass 25 Minuten für die Entgasung der Schmelze unter ähnlichen Bedingungen notwendig sind. Eine Zeit von 30 Minuten unter diesen Bedingungen war angemessen, obwohl die Erfahrung gezeigt hat, dass bei Verschleiß des Rotors und/oder der Prallplatte häufig eine Wiederholung der Entgasungsbehandlung erforderlich war.

Abbildung 5 zeigt eine schematische Darstellung der für Versuche konzipierten MTS-Entgasungsgerätes

Der FDU Minidegasser MTS 1500 kann entweder mit einem Gabelstapler oder einem Kran direkt auf den zu behandelnden Schmelzofen oder Transportpfanne gesetzt werden. Schaft, Rotor und Prallplatte werden zu Beginn der Behandlung automatisch in die Schmelze absenkt und nach der Entgasung wieder in Grundstellung gefahren. Während der Behandlung fließt Spülgas durch den Grafitschaft in die Schmelze und wird

durch den patentierten Rotor verteilt. Die MTS-Einheit verfügt über einem Vorratsbehälter zur Aufnahme des Kornfeiners und einer Dosierschnecke, welche bei jeder Behandlung konstante Mengen liefert.

DAS NEUE VERFAHREN

Nach Abschluss der Modellierung wurden die neu ermittelten Parameter im Vergleich zum bisherigen Verfahren getestet. Das neue Verfahren zeichnet sich wie folgt aus:

- Behandlungen mit einem für den Krantransport geeigneten MTS-Gerät und einem effektiveren Rotordesign
- Behandlungsparameter entsprechend der Entgasungssimulation
- Kornfeinung und Reinigung über die automatische Granulatzugabe
- Argon bleibt Spülgas
- Der Behandlungszyklus wird auf 10 Minuten für die 600 lb und auf 15 Minuten für die 1200 lb-Tiegel reduziert
- Kein Einsatz von TiBor Vorlegierung und Hexachlorethan-Tabletten

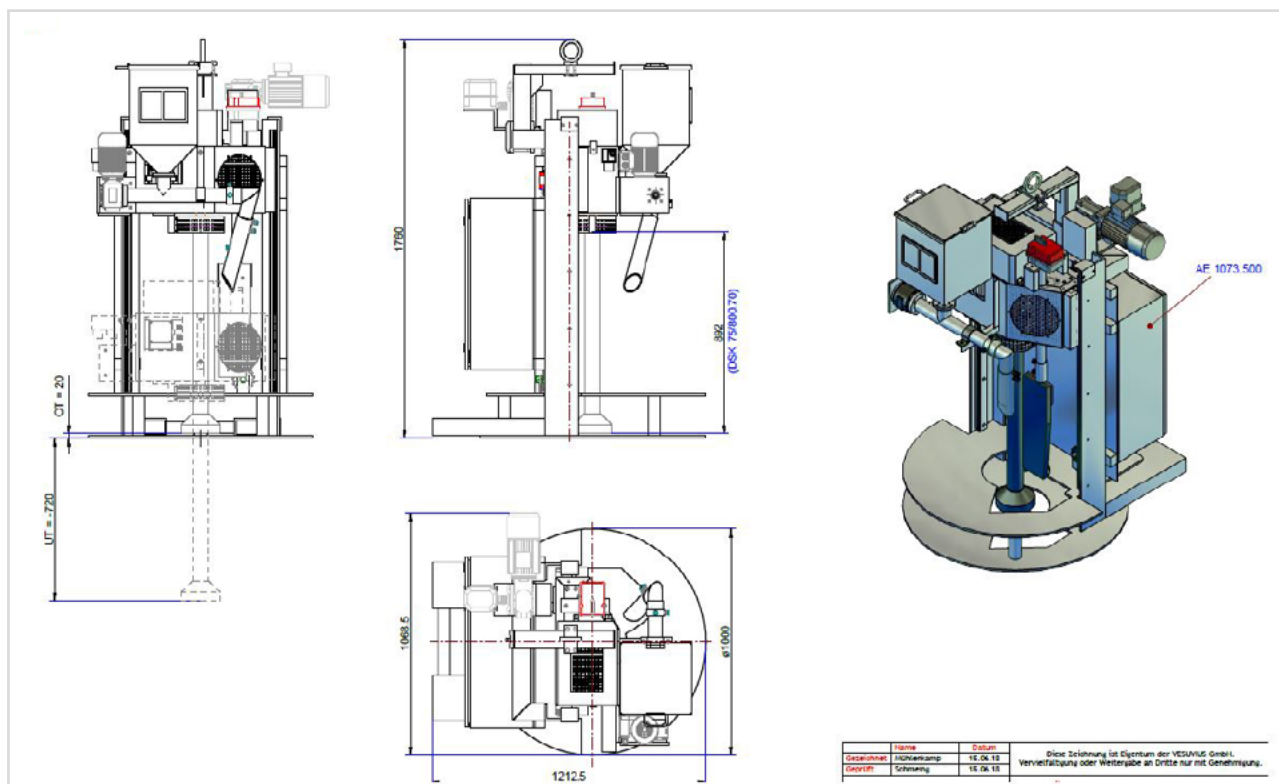


Abbildung 5. Maßzeichnung für den FDU Minidegasser MTS 1500

KORNFEINUNG

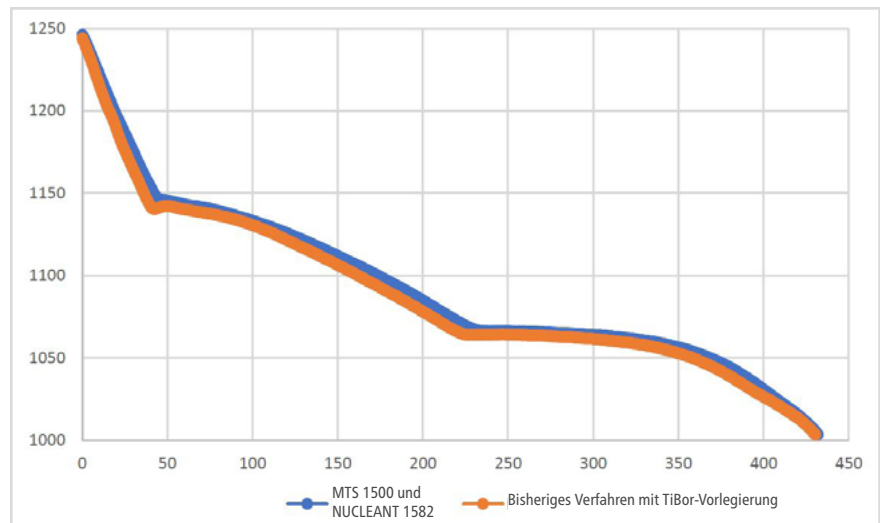
Während der Versuche wurde auch die Wirksamkeit des MTS-Verfahrens im Hinblick auf die Kornfeinung überprüft. Es wurden sowohl der 600 lb als auch der 1200 lb Schmelze 0,06 % des Gewichts als chemischer Kornfeiner zugesetzt. Die Ergebnisse der Überprüfung mittels Thermoanalyse sind in Tabelle 4 aufgeführt. Bei jeder Behandlung mit NUCLEANT 1582 wurde ein perfekter GF-Wert von 9,0 erreicht.

Legierung	Kornfeinungszahl (GF)	Veredlungszahl (ES)
355	9,0	1,69
356	9,0	1,00
357	9,0	k.A.
355	9,0	2,98
355	9,0	2,06
357	9,0	k.A.

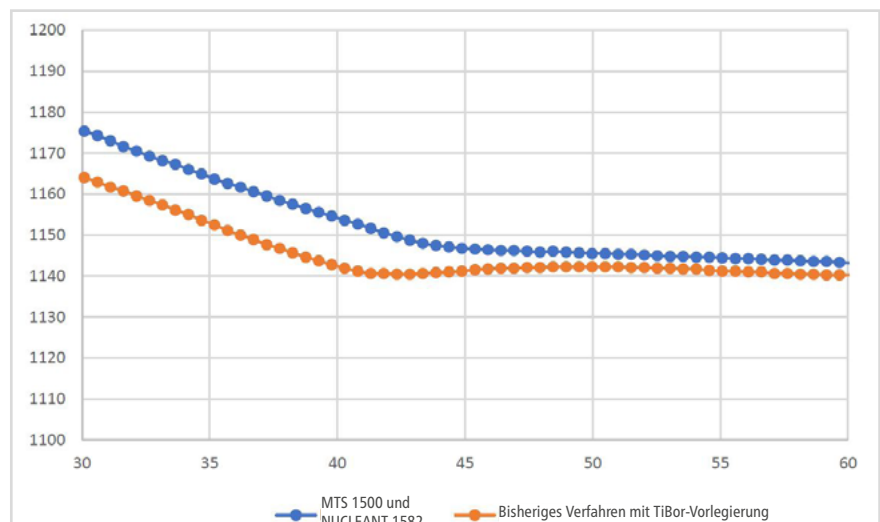
Tabelle 4. Vergleich der TA-Auswertung

Die TA-Kurven von Legierungen 356 (AlSi7Mg) aus dem herkömmlichen Verfahren (orange) und nach NUCLEANT 1582 (blau) werden in Abbildung 6 übereinandergelegt und dargestellt. Abbildung 6(a) zeigt die gesamte TA-Kurve und Abbildung 6(b) zeigt eine Vergrößerung des Liquidusbereichs der Kurve. Der Liquidusbereich ist der Teil der Kurve, in dem das Primäraluminium erstarrt. Der TA-Wert für die blaue Linie (NUCLEANT 1582) betrug 9, während der TA-Wert für die orangefarbene Linie (TiBor Vorlegierung) bei 6,2 lag (siehe auch Tabelle 2 bzw. Tabelle 4, Legierung 356).

In Abbildung 6(b) ist deutlich zu sehen, dass die orangefarbene Linie fällt, dann wieder leicht ansteigt, bevor sie weiter fällt. Dieses Phänomen, bei dem die Abkühlungskurve zwischenzeitlich ansteigt, wird metallurgisch als Unterkühlung bezeichnet und zeigt eine Verbesserung der Kornfeinung. Im Gegensatz dazu ist in der blauen Linie keine Unterkühlung zu erkennen.



(a) Komplette TA-Kurven



(b) Bereich der Primäraluminium-Erstarrung

Abbildung 6. Vergleich der TA-Kurven



WASSERSTOFFGEHALT

Die Wirksamkeit der Kornfeinung wurde überprüft, und die Entfernung von Wasserstoff bewertet. Die Zykluszeiten senkte man mit dem bisherigen Verfahren von 30 Minuten auf eine durchschnittliche Zykluszeit von 13 Minuten gesenkt. Anfängliche Bedenken hinsichtlich der Vergleichbarkeit erfüllten sich glücklicherweise nicht. Die neuen Parameter übertrafen sogar bei jedem Versuch die Spezifikation für das spezifische Gewicht gemäß dem internen Prüfprotokoll. Darüber hinaus wurde ein Wasserstoffsensor eingesetzt, um den Wasserstoffgehalt zu vergleichen. Weitere Informationen über den neuartigen Wasserstoffsensor, der zur Bestätigung der Leistung verwendet wurde, finden Sie in dem von Sigworth & Began zitierten Artikel über die Arbeit von Fray und Mitarbeitern.⁸

Die Ergebnisse der bei den Tests gemessenen Wasserstoffkonzentrationen sind in Tabelle 5 aufgeführt. Bei den Ergebnissen handelt es sich um Wasserstoffkonzentrationen auf der Grundlage der Nernst'schen Gleichung, die an zwei verschiedenen Tagen gemessen wurden. Im Gegensatz zur spezifischen Dichte, bei der ein höherer Wert bevorzugt wird, werden bei den Wasserstoffkonzentrationen niedrigere

Werte angestrebt. Das neue Verfahren weist etwas bessere Wasserstoffkonzentrationen auf, wobei auch die drei Messungen mit dem alten Verfahren gute Werte zeigten.

VORTEILE FÜR UMWELT UND SICHERHEIT

Die Eliminierung von Hexachlorethan-Entgasungstabletten bringt erhebliche Umwelt- und Sicherheitsvorteile mit sich. Hexachlorethan-Entgasungstabletten zersetzen sich in Aluminium, wobei gasförmige Chlor-Ionen abgespalten werden. Diese Chlor-Ionen gelten als giftig, krebserregend und reagieren stark mit vielen Materialien. Hexachlorethan-Tabletten wurden in den Vereinigten Staaten ab 1999 aufgrund der zahlreichen schädlichen Nebenwirkungen schrittweise aus der Gießereiindustrie verbannt. Selbst wenn Hexachlorethantabletten keine Chlor-Ionen abspalten, sind sie bei Berührung gefährlich, da Stoffe von der Haut aufgenommen werden und laut Wikipedia eine Schädigung des zentralen Nervensystems verursachen können.⁹

Legierung	Altes Verfahren [ml/100g]	MTS 1500 (April 2018) [ml/100g]	MTS 1500 (Oktober 2018) [ml/100g]
355	0,10	0,07 / 0,05 / 0,08	k.A.
356	0,12	0,10	0,06
357	0,08	0,08	0,04 / 0,06 / 0,06

Tabelle 5. Ergebnisse der Auswertung für Wasserstoffkonzentrationen

ERGEBNISSE

Die Bewertung der neuen Schmelzbehandlung war ein Erfolg, so dass diese Praxis fünf Monate später eingeführt wurde. Ein tabellarischer Datensatz ist in Tabelle 6 enthalten.

Die erfolgreiche Einführung des neuen Verfahrens brachte die folgenden technischen und technologischen Vorteile mit sich:

- Perfekte Kornfeinung bei jeder Behandlung, gemessen mit dem Gerät THERMATEST 5000 NG III, einschließlich 7 weiterer Tests, die 5 Monate nach der Einführung als Teil des Verifizierungsprozesses durchgeführt wurden
- Keine einzige Dichte-Probe außerhalb der Spezifikation seit der Einführung! 25 % der Behandlungen mit dem bisherigen Verfahren würden bei der Prüfung des spezifischen Gewichts versagen, so dass pro Tag 2 weitere Schmelzen behandelt und vergossen werden könnten.

- Reduzierung der durchschnittlichen Entgasungszeit pro Tag um 69 %.
- 30 % mehr vergossenes Metall pro Tag.
- Wirksame Beseitigung von Hexachlorethan-Pillen ohne negativen Einfluss, die zu mehr Sicherheit und Umweltschutz führt.

Darüber hinaus wurden durch das neue Verfahren die folgenden wirtschaftlichen Vorteile erzielt:

- Wegfall der täglichen Ausgaben von 28,80 \$ für Hexachlorethan-Tabletten
- Einsparung von 84,42 \$ pro Tag beim Umstieg von metallischem TiBor auf NUCLEANT 1582
- Argon-Einsparungen von ca. 4,65 \$ pro Schmelze

	Altes Verfahren	MTS Prozess	Kommentare
Chlorkosten (\$/lb. Al)	3,20 \$	-	N/A
Chlorverbrauch	0,15 %	-	N/A
Chlor \$/Tag	28,80 \$	-	100% Reduzierung
Durchschnittliche Zykluszeit (min.)	30	13	57 % Reduzierung
Durchschnittliche Gesamtschmelze pro Tag	8	8	N/A
Wiederholung der Behandlung	2	-	Durchschnittlicher Wert
Schmelzen innerhalb Spezifikation	6	8	N/A
Erfolgsquote	75 %	100 %	N/A
Gesamtentgasungszeit (Minuten pro Tag)	338	104	69 % Reduzierung
Schmelze (lbs./Tag)	6000	7800	30 % mehr gegossenes Metall
TiBor Zugabe	0,25 %	-	N/A
COVERAL MTS 1582	-	0,06 %	N/A
Kosten Kornfeinung pro Tag	104,55 \$	20,13 \$	84,42 \$ oder 81 % Reduzierung
Argon Verbrauch pro Behandlung	11,05 \$	6,40 \$	42 % Reduzierung

Tabelle 6. Vergleich der Behandlungsdaten

Die Einführung des neuen Verfahrens wurde auf mögliche Nachteile und andere Auswirkungen überprüft, in der Hoffnung, dass sich die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Dehnung, aufgrund der veränderten Kornfeinung verbessern könnten (wie in der erwähnten Arbeit der Gießerei Littlestown, PA); die vor und nach der neuen Prozessanpassung geprüften mechanischen Eigenschaften blieben jedoch statistisch unverändert. Aus einem anderen Blickwinkel betrachtet ist die Beibehaltung der mechanischen Eigenschaften ohne Hexachlorethan-Tabletten jedoch positiv, da die mechanischen Eigenschaften und die Reinigung von Aluminiumschmelzen der Hauptgrund für einige Gießereien sind, um ihre Verwendung trotz der unzähligen gesundheitlichen Probleme nicht einzustellen.

Die Prallplatte ist ein zusätzlicher Ausgabeposten (schätzungsweise 1500 \$ pro Jahr), so dass diese neuen Kosten von den Gesamteinsparungen abgezogen werden müssen. Schließlich kosten die Grafitverschleißteile für das neue System pro Stück mehr als die bisherigen Komponenten. Die jährlichen Ausgaben dürften aber geringer sein, da die neueren Verschleißteile dicker sind und länger halten, kürzere Zyklen und eine längere Nutzungsdauer haben. Wenn, wie in unserem Fall geschehen, die Bediener diese Komponenten versehentlich falsch handhaben, kann dies jedoch zu einem leichten Rückgang der Einsparungen (und möglicherweise zu einem Anstieg der Ausgaben) führen. Im ersten Jahr wird deshalb ein Anstieg der Grafitausgaben auf fast 1500 \$ geschätzt. Die größte Schwierigkeit, die das neue System mit sich bringt, ist jedoch die Sperrigkeit des neuen Geräts, welches ein

verstärktes Hebezeug und mehr Vorsicht seitens der Bediener erfordert, da es größer und schwerer ist als das bisherige (Gerät). Die Vorteile des neuen Systems, darüber ist man sich einig, überwiegen allerdings die wenigen Hindernisse, die mit dem neuen Gerät bzw. Verfahren eingeführt wurden, bei weitem.

Eine ungefähre Amortisationstabelle ist in Abbildung 7 dargestellt. Nachdem alle Kosteneinsparungen durch die geringeren Argonkosten, den Wegfall der Chlortabletten und die niedrigeren Kosten für die Kornfeinung durch die geringfügig höheren Ausgaben für Grafit und Prallplatte ausgeglichen wurden, kann die Amortisation auf etwa 16,5 Monate berechnet werden.

	Jährliche Einsparung
Argon	8.462,38 \$
Chlortabletten	7.488,00 \$
Kornfeinung	21.949,20 \$
Prallplatte	-1.500,00 \$
Grafitverschleißteile	-1.459,90 \$
Summe	34.939,68 \$
Amortisation (Jahre)	1.37
Amortisation (Monate)	16.50

Abbildung 7. Tabelle zur Amortisationsberechnung



ZUSAMMENFASSUNG

Mit großem Erfolg, führte ein Feingussbetrieb in Clinton, NJ eine neuartige Methode bei der Kombination eines chemischen Kornfeiners NUCLEANT 1582 und der bewährten FDU Rotorentgasung ein. Die neue Behandlungsmethode führte zu einer verbesserten Kornfeinungspraxis, welche die Kosten senkte, die Produktivität steigerte und die Prozessstabilität beim Wasserstoffgehalt der Schmelze verbesserte. Sie brachte Umwelt- und Sicherheitsvorteile mit sich und eliminierte Abfälle. Die kalkulierte Amortisation einer neuen MTS-Anlage wurde auf etwa 16,5 Monate berechnet.

DANKSAGUNG

Die Autoren möchten Jason Allen von Foseco für die Erstellung der TA-Grafiken und Ben Groth von Foseco für die Erstellung der Mikrofotografien danken. Außerdem möchten die Autoren Joe Spadacinni von Weaver Materiel Services und Vernon Edwards von Atlantic Casting & Engineering für die Erfassung eines Großteils der TA-Daten danken.

Nachdruck mit Genehmigung des Investment Casting Institute

REFERENCES

1. Limmaneevichitr, C., & Eidhed, W. Effect of Flux Compositions on Grain Refinement in Al-Si-Mg Alloy. TMS Light Metals Proceedings. p. 1107. San Francisco, CA: TMS (2005)
2. Dahle, A.K., Tondel, P.A., Paradies, C.J., & Arnberg, L. (1996). Effect of Grain Refinement on the Fluidity of Two Commercial Al-Si Foundry Alloys. Metallurgical and Materials Transactions A, Vol 27A. pp. 2305-2313 (August 1996)
3. Liao, H., Song, W., Wang, Q., Zhao, L., Fan, R., & Jia, F. Effect of Sr Addition on Porosity Formation in Directionally Solidified A356 Alloy. International Journal of Cast Metals. Res., 26(4). pp. 201-208. (2013)
4. Bian, X., Zhang, Z, & Liu, X., Effect of Strontium Modification on Hydrogen Content and Porosity Shape of Al-Si Alloys. Materials Science Forum. pp. 331-337, 361-366. (2000)
5. Began, B, & Careil, P. Theory and practice of grain refining for aluminum alloys – utilizing COVERAL MTS 1582. Foseco Foundry Practice Issue 268. pp 4-11 (2019)
6. Stonesifer, J. & Began, B. Degassing and Flux Grain Refining in a Continuous Treatment Well at Littlestown Foundry. 123rd Metalcasting Congress Proceedings (pp. 5-7). Atlanta, GA: American Foundry Society. (2019)
7. Simon, R., & Began, B. An Introduction to Self-Monitoring Adaptive Recalculating Treatment Technology (SMARTT) in Degassing Aluminum. Conference Proceedings. (pp. 2-7). Newport, KY: Investment Casting Institute. (2017)
8. Sigworth, G., & Began, B. Control and Measurement of Hydrogen in Aluminum. AFS 116th Metalcasting Congress Proceedings (pp. 8-9). Columbus, OH: American Foundry Society. (2012)
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hexachloroethane>

KONTAKT



JACOB JOHNSON

APPLICATION ENGINEERING
MANAGER

jacob.johnson@vesuvius.com

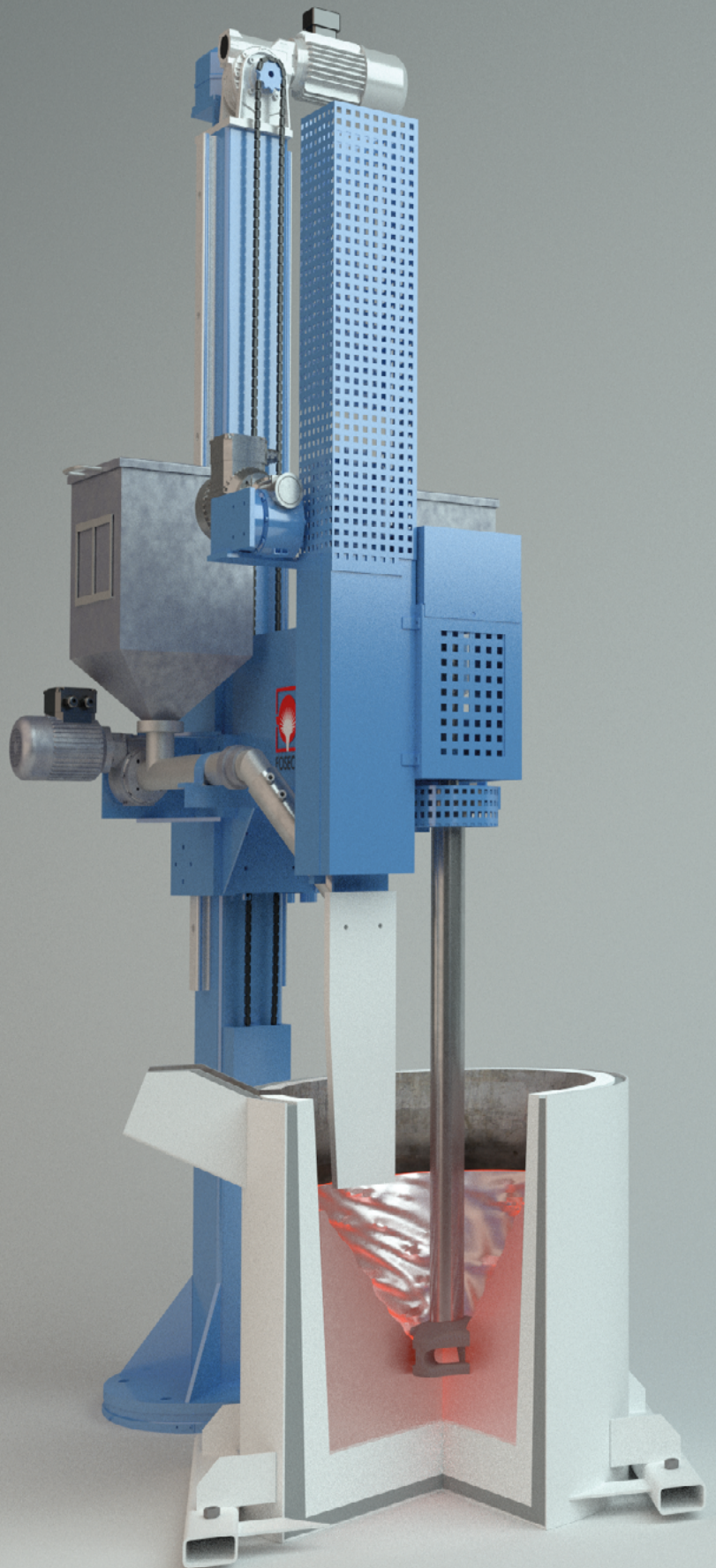
+1 440-863-2744

UNTERSUCHUNG ZUR SCHMELZE- QUALITÄT FÜR ALUMINIUM- GUSSTEILE MIT KOMPLEXEN ANFORDERUNGEN

Autoren: Philippe Kientzler (MSc) and
Takehiko Okamoto, Foseco Japan, Tenco
Xue, Foseco China and Pramuk
Uhapattanapanich, Foseco Thailand

In diesem Beitrag werden einige Ergebnisse vom Einsatz des MTS 1500-Verfahrens in Bezug auf die Verbesserung der Schmelzeinheit bei der Herstellung von Aluminiumkolben, Rädern im Niederdruckguss-Verfahren oder beim Schmelzen von Aluminiumspänen vorgestellt.

Der Einsatz von VMET [7] (Melt Quality Assessment) ermöglicht die Quantifizierung der Verbesserung der Schmelzequalität durch den MTS 1500 Prozess.





EINFÜHRUNG

Schmelzebehandlung ist ein wichtiger Teil des Gießprozesses, der oft einen erheblichen Einfluss auf die Gussqualität [1] [2], die Ausschussrate und damit die Prozesskosten hat. Wasserstoffporosität ist eines der Hauptprobleme in Aluminiumgießereien [3].

Die Entfernung von Oxiden als Teil der Schmelzereinigung wird immer wichtiger, weil der Oxidgehalt die mechanischen Eigenschaften des Gussteils maßgeblich beeinflusst.

Bestehende Reinigungspraktiken bestehen oft aus der manuellen Zugabe von chemischen Abkrätzmitteln in Verbindung mit einfacher Rotorentgasung. Diese beiden Prozesse haben jedoch Einschränkungen und Grenzen.

Die manuelle Zugabe von chemischen Produkten ist vom Bediener abhängig. Variationen in den Zugabemengen und dem Zeitpunkt der Behandlung führen zu großen Schwankungen in Effizienz und Schmelzequalität bei Kornfeinung, Natriumveredlung oder Schmelzereinigung. Letzteres gilt besonders im Druckguss (HPDC), wo die Anzahl der behandelten Pfannen oder Öfen 100 pro Tag übersteigen kann.

Die Verwendung von Salzeinbläsern in Verbindung mit Geräten zur Rotorentgasung hat einige dieser Probleme gelöst und die Schwankungen durch den Faktor Mensch reduziert. Leider erfordert das Einblasen von Pulvern oder Granulat durch einen rotierenden Schaft besondere Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung von Verstopfungen. Blockaden in der Einblaslanze verursachen einen hohen Wartungsaufwand und begrenzen die Injektionsrate des Flussmittels, was die Produktivität verringert. Foseco entwickelte als Lösung für diese Probleme das MTS 1500 [4], ein robustes und zuverlässiges System ohne die Gefahr von Blockagen, welches mehrere Funktionen in Aluminiumgießereien erfüllt:

- Schnellere Entgasung durch effiziente XSR und FDR-Rotordesigns
- Kostengünstiges Reinigen und Abkrätzen speziell im Druckguss
- Konstante und reproduzierbare Natriumveredlung [5] [6]
- Kostengünstige Ti-B-Kornfeinung im Schwerkraft- und Niederdruck-Kokillenguss
- Kosteneinsparung durch metallarme Krätzen speziell im Aluminium-Druckguss
- Oxidentfernung für alle Gießverfahren und -produkte im Aluminiumguss.

VERBESSERTER KORNFEINUNG IN ND-RÄDERN UNTER VERWENDUNG EINES NEUEN CHEMISCHEN KORNFEINERS

Aluminiumräder sind eines der wichtigsten Automobilgussteile, die überwiegend im Niederdruckguss hergestellt werden. Diese Räder gelten als Sicherheitsbauteile, sie müssen:

- frei von Gasporosität und Lunkern sein,
- frei von Oxiden und anderen nichtmetallischen Einschlüssen sein,
- ein sehr feines Gefüge haben für ausreichend mechanische Eigenschaften.

Die Kornfeinung [8] ist einer der kritischen Schritte, die meisten Gießereien fügen Ti-B-Vorlegierungsstangen vor oder während der Rotorentgasung zu. Die typische Zugabemenge beträgt 0,1 %. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Prozessparameter einer asiatischen OEM-Rädergießerei. Eine A356 Legierung (AlSi7Mg) wird in einer Transportpfanne mit 700 kg Schmelze vor dem Befüllen der Niederdrucköfen behandelt

Legierung A356	AlTi5B1 Vorlegierung	COVERAL* MTS 1582
Transportpfanne	700 Kg	700 Kg
Chemischer Kornfeiner	-	310 g
Vorlegierungsstangen	500 g	-
Entgasungszeit	9 min	9 min

Tabelle 1. Prozessparameter Rädergießerei

Diese Rädergießerei verwendet in ihrem traditionellen Prozess 500 g AlTi5B1 Vorlegierungsstangen zur Kornfeinung, um die erforderlichen mechanischen Eigenschaften zu erreichen. Der neu entwickelte chemische Kornfeiner NUCLEANT 1582 [8] erreicht mit nur 310 g Zugabe vergleichbare Ergebnisse.

Tabelle 2 vergleicht die Entgasungseffizienz und den Titangehalt, die mit der Ti-B-Vorlegierung und dem neuen Kornfeinungsmittel NUCLEANT 1582 erzielt wurden.

Legierung A356	AlTi5B1 Vorlegierung	NUCLEANT 1582	Anmerkung
Dichte (80 mbar)	2,65	2,65	Identisch
Chemische Analyse	Ti: 0,114%	Ti: 0,114%	Vergleichbar
DAS Speiche	45,88 µm	47,21 µm	Speiche (heißer Bereich)
DAS Nabe	26,09 µm	27,26 µm	Nabe (kalter Bereich)

DAS - Dendritenarmabstand

Tabelle 2 – Vergleich der Kornfeinung

Die Gießerei hat außerdem Proben von Rädern entnommen für die Bestimmung von Zugfestigkeit und Dehnung, um beide Kornfeinungsprozesse zu vergleichen.

Tabelle 3 zeigt eine deutliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften trotz der geringeren Zugabemenge des chemischen Kornfeiners NUCLEANT 1582.

Eigenschaften in der Nabe	AlTi5B1 Vorlegierung	NUCLEANT 1582
Streckgrenze (N/mm ²)	208,1	213,5
Zugfestigkeit (N/mm ²)	276,0	286,7
Dehnung (%)	6,8	8,0

Tabelle 3. Vergleich der mechanischen Eigenschaften

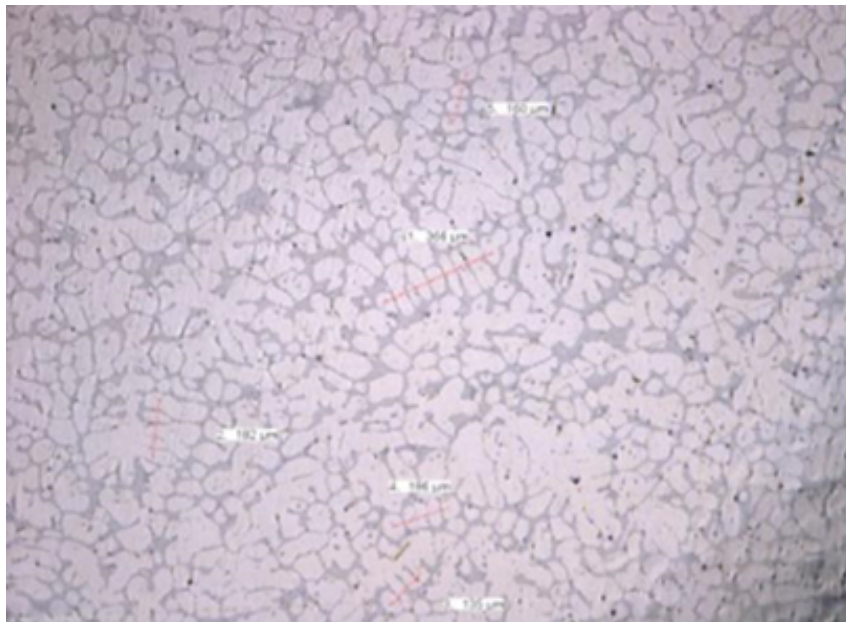


Abbildung 4 zeigt ein Schliffbild der Speiche einer Felge, die mit NUCLEANT 1582 behandelt wurde^[8]. Die Struktur ist sehr fein und homogen, eine Voraussetzung für moderne OEM-Räder.

Abbildung 4. SEM Aufnahme bei 100facher Vergrößerung



KOSTENEINSPARUNG BEI DER BEHANDLUNG VON TRANSPORTPFANNEN IM DRUCKGUSS MIT DEM MTS 1500-VERFAHREN

Das Abkrätzen ist ein wichtiger Teil der Schmelzebehandlung in Aluminiumgießereien. Weltweit werden heute mehr als 50 % aller Aluminiumgussteile im Druckgussverfahren hergestellt. Die Schmelzebehandlung erfolgt in der Regel in Transportpfannen mit einfachen Entgasungsgeräten für 3 bis 5 Minuten. Die Hauptaufgabe der Behandlung liegt weniger in der Wasserstoffentfernung, sondern in erster Linie in der Entfernung von Oxiden und andere nichtmetallische Einschlüsse, die in die Krätze überführt werden müssen. Diese Oxide können zu Defekten und Gussfehlern führen. Besonders im Druckguss werden große Mengen an Aluminiumkrätze gebildet, die sehr reich an metallischen Aluminiumtröpfchen sein kann, die in der Krätze eingeschlossen sind.

Abbildung 5 zeigt Krätze, die in einer sehr großen Druckgießerei für Automobilgussteile gesammelt und beprobt wurde. Die Standardkrätze ist nass und schwer mit viel eingeschlossenem Aluminium. Die Krätze, die nach MTS 1500 gesammelt wurde, ist dagegen viel leichter und arm an Aluminium. Die Krätzeproben wurden im Forschungs- und Entwicklungszentrum Enschede (NL) mit einer in der Industrie üblichen Salzschnitztechnik auf Restaluminiumgehalt untersucht.

Tabelle 6 vergleicht die Ergebnisse der aktuellen Praxis der Gießerei und MTS 1500. Die Versuche haben gezeigt, dass diese Gießerei bis zu 130 Tonnen Aluminium pro Jahr einsparen kann, was einer jährlichen Einsparung von mindestens 200 k€ entspricht. Diese Gießerei investierte 2019 in 2 FDU Rotostat MTS 1500 Rotorentgasungsgeräte. Weitere Einheiten werden für die Zukunft in Betracht gezogen.



Abbildung 5 zeigt Krätze, die in einer sehr großen Druckgießerei für Automobilgussteile gesammelt und beprobt wurde

Druckgießerei für Automobilguss	Standard-Prozess	Neuer MTS 1500 Prozess
Schmelzemenge (kg)	1400	1400
Krätzemenge gesamt (kg)	4,7	3,5
Aluminiumgehalt (%)	86,4%	43,6%
Aluminiumverlust (kg)	4,06	1,53
Einsparung an Al pro Behandlung (kg)	-	2,53
Anzahl der Behandlungen pro Tag	180	180
Anzahl der Behandlungen pro Jahr	54 000	54 000
Einsparung an Aluminium pro Jahr (kg)	-	136 879
Kosten für Reinigungsgranulat (US-\$)	-	\$47 250
Einsparung pro Jahr auf LME Basis (US-\$)	-	\$253 884

Tabelle 6. Prozessübersicht

VMET UNTERSUCHUNGEN IN EINER EUROPÄISCHEN RÄDERGIESSEREI

In den letzten 20 Jahren sind Aluminiumräder zum Standard für OEMs auf der ganzen Welt geworden. Die bevorzugte Technologie für OEM-Räder ist das Niederdruckgießen (LPDC) unter Verwendung der Legierung A356 (AlSi7Mg), die nach einer T6-Wärmebehandlung die erforderlichen mechanischen Eigenschaften erreicht.

Eine sehr gute Schmelzequalität ist eine wichtige Voraussetzung, um Beeinträchtigungen durch übermäßige Porosität, Schrumpfung oder Oxide im Gussteil zu verhindern.

Eine europäische Radgießerei beauftragte Foseco, ein Schmelzequalitätsaudit mit VMET durchzuführen, um die Qualität der Schmelze vor und nach den unterschiedlichen

Behandlungsschritten zu beurteilen.

Abbildung 7 fasst die VMET-Ergebnisse zusammen und zeigt dabei, wie sich die Qualität deutlich verbessert. Der Begriff „Merkmale“ beschreibt alle Fehler wie beispielsweise Oxide, Einschlüsse oder Poren:

- Die Gesamtzahl der Merkmale wird von 917 auf 377 mit FDU und auf 62 nach MTS reduziert
- Gesamtzahl der Aluminiumoxide reduziert sich von 225 auf 98 mit FDU und auf 16 nach MTS
- Die Summe der sonstigen Einschlüsse reduziert sich ebenfalls von 92 auf 45 mit FDU und auf 8 nach MTS
- Die Summe aller Merkmalen > 15 µm ist stark reduziert von 137 (wie geschmolzen) bis auf 3 nach MTS.

Gießerei	VMET Erläuterung der Merkmale	Europäische Rädergießerei		
Legierung		Al-Si7%-Mg0,3% (A356)		
Beschreibung der Probe		A356 geschmolzen	Nach 10 min Rotor-entgasung	Nach 10 min MTS 1500 und COVERAL 1524
Alle Merkmale	Gesamtanzahl der Defekte	917	377	62
Merkmale nach Ursache und chemische Zusammensetzung				
Poren	Gasporosität und Lunker	600	234	38
Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃)	Aluminium- und Magnesiumoxid	225	98	16
Andere Einschlüsse	Carbide, Feuerfestmaterial, ...	92	45	8
Merkmale nach Größe				
0,50 – 15,0 µm	Fehler mit geringem Einfluss auf die Qualität	780	368	59
Σ all features > 15,0 µm	Fehler mit erheblichem Einfluss auf die Qualität	137	9	3

Abbildung 7 – VMET-Ergebnisse einer Rädergießerei

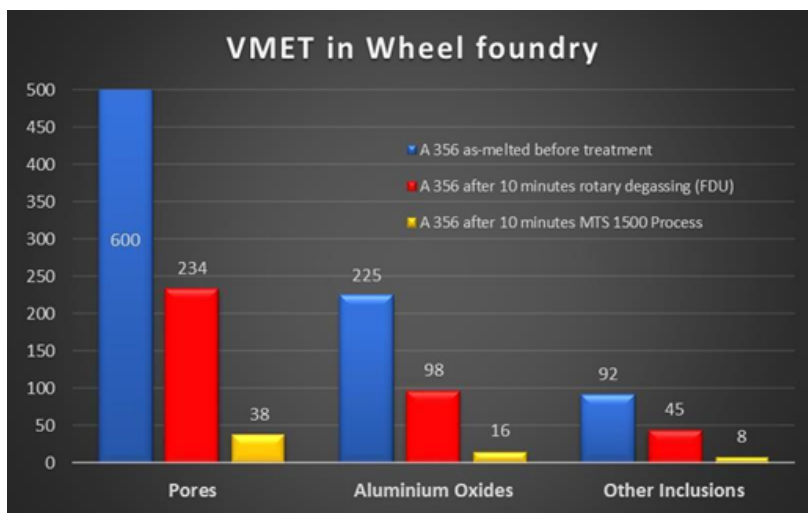


Abbildung 8. Merkmale in einer Druckgießerei

Die VMET-Analyse zeigt, dass MTS 1500 in Verbindung mit COVERAL 1524 einen signifikanten Einfluss auf die Schmelzequalität in Rädergießereien hat. Abbildung 8 illustriert eindrucksvoll die Reduzierung unerwünschter Defekte wie Porosität, Oxide und anderer nichtmetallischer Einschlüsse. Dieses Ergebnis ist ein bedeutender Grund für die hohe Verbreitung des Einsatzes von MTS 1500 in Rädergießereien auf der ganzen Welt.



VMET BEWERTUNG VON INTERMETALLISCHEN EINSCHLÜSSEN IN EINER DRUCKGIESSEREI

Die Überführung der Schmelze vom Schmelzofen zu den Gieß- oder Halteöfen erfolgt in der Regel mit Hilfe von Transportpfannen mit einem Fassungsvermögen zwischen 300 kg und 1500 kg. In diesen Transportpfannen wird eine Rotorentgasung für 3 bis 6 Minuten durchgeführt. Der Zweck ist nicht die Reduzierung von Wasserstoff, sondern in erster Linie die Entfernung unerwünschter Oxidhäute und anderer Einschlüsse, die zu Defekten und Gussfehlern führen können.

Abbildung 9 zeigt eine typische Transportpfanne nach einer Schmelzebehandlung mit MTS 1500 Rotostativ:

- Gussteil: Kfz-Getriebegehäuse
- Legierung: ADC12 (G-ALSi12Cu)
- Schmelzemenge: 1400 kg
- Reinigungsgranulat: 0,03 % COVERAL PURE 1565
- Behandlungszeit: nur 3 min
- Grafitrotor XSR 220.70 und Grafiterschaft DSK 75/800.70

Diese Automobilgießerei bat darum, ihre Schmelzebehandlung mit VMET an mehreren Transportpfannen vor dem Befüllen des Gießofens zu bewerten. Tabelle 10 zeigt die VMET-Ergebnisse der Schmelze aus der Pfanne vor und nach der MTS 1500-Behandlung.



Abbildung 9. MTS 1500 in der Druckgießerei

Im Fall beider Proben zeigt die VMET-Analyse:

- eine Reduzierung der Anzahl aller Merkmale, Oxide und Einschlüsse.
- die Oxide und Einschlüsse größer als 15 µm wurden vollständig entfernt
- die Fe-gebundenen intermetallischen Komponenten, die in HPDC-Legierungen vorhanden sein können, sind deutlich reduziert.

VMET bestätigt die wesentliche Verbesserung der Schmelzequalität im Druckguss durch den MTS 1500-Prozess.

Pfanne	Pfanne #1		Pfanne #2		Kommentare
	Vor	Nach	Vor	Nach	
Probe					
Dichte (80 mbar)	2.27	2.62	2.25	2.61	Ausreichende Qualität
Gesamt-Merkmale	1973	296	243	70	Reduzierung der Gesamtanzahl
Aluminiumoxid	1683	253	205	63	Reduzierung der Oxide
0,5 – 0,15 µm	1682	253	205	63	Geringer Einfluss auf Gussqualität
> 15 µm	1	0	0	0	Komplette Entfernung der Oxide
Andere Einschlüsse	290	43	184	7	Reduzierung der Einschlüsse
0,5 – 0,15 µm	285	43	183	7	Geringer Einfluss auf Gussqualität
> 15 µm	5	0	1	0	Komplette Entfernung der Einschlüsse

Tabelle 10. VMET-Ergebnisse einer Druckgießerei

VMET BEWERTUNG VON MAGNESIUMOXIDEN IN EINER KOLBENGIESSEREI

Aluminiumkolben sind in der Automobilindustrie aufgrund ihrer relativen Festigkeit und ihres geringen Gewichts zum Standard geworden. Um das zu erreichen, müssen Kolben jedoch frei von Porosität, Oxiden und Einschlüssen sowie unerwünschten Elementen wie Na oder Ca sein, die bei Werten > 5 ppm die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigen.

Ein zusätzliches Problem sind die sich in der Schmelze bildenden Magnesiumoxide aufgrund des hohen Mg-Gehalts von eutektischen Kolbenlegierungen wie ACA8-336-LM13 (Al-Si12CuNiMg).

Die Schmelzebehandlung bei dieser Legierung ist auf Rotorentgasung mit Injektion oder andersweitiger Zugabe verschiedener Flussmittel oder reaktiver Gase ausgerichtet, um solche Verunreinigungen zu entfernen. Chlorgas (Cl_2) oder chlorfreisetzende Flussmittel (C_2Cl_6) werden in einigen Teilen der Welt immer noch verwendet, gelten aber nicht mehr als umweltfreundliche Technologie. Mit der Verwendung solcher giftigen Zusätze sind oft starke Chloremissionen verbunden.

- $\text{C}_2\text{Cl}_6 + [\text{Na}] \Rightarrow \text{NaCl} + \text{Cl}_2\text{-Gas}$
- $\text{C}_2\text{Cl}_6 + [\text{Ca}] \Rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Cl}_2\text{-Gas}$

Aufgrund des zunehmenden Umweltbewusstseins hat sich in Aluminium-Kolbengießereien die in Abbildung 11 dargestellte neue MTS 1500-Technologie durchgesetzt, die den Einsatz der Rotorentgasung unter Verwendung von Inertgasen (Ar, N₂) mit der Zugabe verschiedener Arten von chemischen Produkten kombiniert:

1. Entfernung von Oxiden und insbesondere MgO (Spinelle), die ein bekanntes Problem in Kolben sind
2. Reduzierung von Alkali- und Erdalkalielemente wie Na oder Ca unter 5 ppm

COVERAL PURE 1565, ein natrium- und calciumfreies Reinigungsgranulat, entfernt nachweislich Oxide und insbesondere MgO-Spinelle auf umweltverträgliche Art und Weise.

COVERAL MTS 1591 kann unerwünschte Elemente nach dem folgenden Mechanismus effektiv entfernen:



Die gebildeten Chloride werden dabei in die Krätze überführt. Eine marktführende Automobilkolbengießerei hat uns gebeten, ihre Schmelzequalität mit VMET zu untersuchen, nachdem es eine Kundenreklamation im Zusammenhang mit Spinellen gab.

Tabelle 12 zeigt den VMET-Bericht und die Ergebnisse vor und nach der Schmelzebehandlung.



Abbildung 11. MTS 1500 Behandlung in einer Kolbengießerei

Diese VMET-Analyse kam zu folgenden Ergebnissen:

- Hoher Gehalt an Na und Ca in der Schmelze vor der Behandlung
- viele kleine Oxide und Einschlüsse in der Schmelze vor der Rotorentgasung
- 26 MgO-Spinell-Einschlüsse in der Probe, kleiner als 15µm
- 3 MgO-Spinelle in der Probe größer als 15 µm - ein echtes Problem in Kolben

VMET zeigte auch, dass das MTS 1500-Verfahren zusammen mit dem COVERAL PURE 1565- Reinigungsgranulat die Schmelzequalität deutlich verbessern konnte, indem alle Oxide und MgO-Einschlüsse > 15 µm entfernt wurden.

Diese VMET-Untersuchung führte zum Verkauf von mehreren MTS 1500 Anlagen in dieser Kolbengießerei.



Kolbengießerei	MTS 1500 Prozess mit COVERAL PURE 1565 und 1591		
Versuch	500 kg Tiegelofen		
Probe	Vor	Nach	Erläuterung
Na (ppm)	4	0,1	Exzellente Na-Entfernung
Ca (ppm)	7,9	2,6	Exzellente Ca-Entfernung
Dichte-Index (%)	7,5	0,1	Ausgezeichnete Entgasung
Gesamt-Al ₂ O ₃ -Oxide	64	200	
0,5 – 0,15 µm	64	200	Oxidnester wurden aufgebrochen, kein negativer Effekt
> 0,15 µm	0	0	Keine Oxide gefunden
Gesamt andere Einschlüsse	69	74	
0,5 – 0,15 µm	66	74	Oxidnester wurden aufgebrochen, kein negativer Effekt
> 0,15 µm	3	0	Keine Einschlüsse gefunden
Gesamt MgO und Spinell	29	5	
0,5 – 0,15 µm	26	5	Spinelle wurden reduziert
> 0,15 µm	3	0	Keine Spinelle gefunden

Tabelle 12. VMET-Ergebnisse einer Kolbengießerei

VMET BEWERTUNG EINES SPÄNEUMSCHMELZERS FÜR DIE MASSELHERSTELLUNG VON GUSSLEGIERUNGEN

In den letzten Jahren haben sich viele Betriebe mit dem Umschmelzen von Bearbeitungsspänen in Sekundärbarren beschäftigt, die für die Aluminiumgussproduktion geeignet sind. Dies gilt insbesondere in Asien für sehr große Mengen von A356 (AlSi7Mg)-Spänen, die aus der Bearbeitung von Aluminiumfelgen stammen. Viele solcher Betriebe stoßen jedoch auf Qualitätsprobleme, da sie den Anteil an Oxiden unterschätzen, der beim Umschmelzen solch kleinteiliger Späne mit großen spezifischen Oberflächen entsteht.

Es bilden sich bei extremer Oxidation Millionen von sehr feinen Oxidschichten, wie in Abbildung 13 gezeigt, wo VMET hohe Oxidanteile zwischen 0,5 µm und 15 µm fand.

Solch hohe Anteile an Oxiden erzeugen nicht nur übermäßige Krätze beim Schmelzen, sondern aggregieren auch zu größeren Oxidclustern, -nestern und -filmen, die die Ursache für Ausschuss sind.

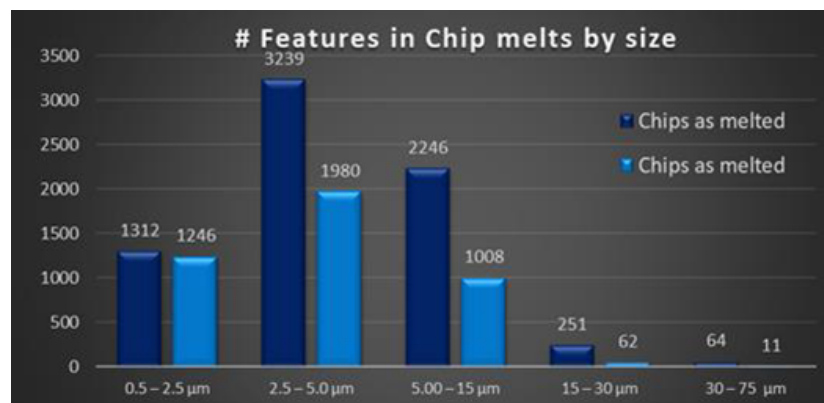


Abbildung 13. Merkmale beim Späneschmelzen

Solche aus eingeschmolzenen Spänen erzeugten Schmelzen müssen einer intensiven Behandlung unterzogen werden, um den Oxidanteil deutlich zu reduzieren. Starke Reinigungsmittel sollen angewendet werden, um die Oxidschichten im flüssigen Aluminium zu separieren und sicherzustellen, dass sie in die Krätze flotiert werden können.

Ein Hersteller von Sekundärlegierungsmasseln bat uns, eine solche Schmelzebehandlung zu implementieren und mit VMET das Niveau der Oxidentfernung und die erzielte Verbesserung zu quantifizieren.

Abbildung 14 zeigt eine MTS 1500 Anlage an brennstoffbefeuerten Tiegelöfen, die zum Umschmelzen der Chargen aus A356-Spänen verwendet werden. Die Metalltemperatur übersteigt 780°C. Foseco konstruierte eine speziell entwickelte MTS 1500 Anlage vom Typ Mark 10, die in der Lage ist, solche Späneschmelzöfen sicher zu behandeln.



Abbildung 14. MTS 1500 an einem gasbeheizten Tiegelofen zum Einschmelzen von AlSi7Mg-Spänen

VMET-Proben wurden vor und nach einer 10-minütigen MTS 1500-Behandlung aus einem Tiegelofen entnommen. Die REM-Bilder mit 100-facher Vergrößerung sind in Abbildung 15 dargestellt.

Es wird sichtbar, dass die Schmelze „wie geschmolzen“

viele Defekte aufweist, die eine Mischung aus Porosität und Oxidfilmen sind. Nach der 10-minütigen MTS 1500-Behandlung ist die Probe sauber und weist keine sichtbaren Spuren von Oxiden auf. Dies ist eine visuelle Bestätigung dafür, dass das MTS 1500-Verfahren in der Lage ist, eine gute Schmelzequalität auch bei Schmelzen mit 100 % Spänen im Einsatz zu erreichen.

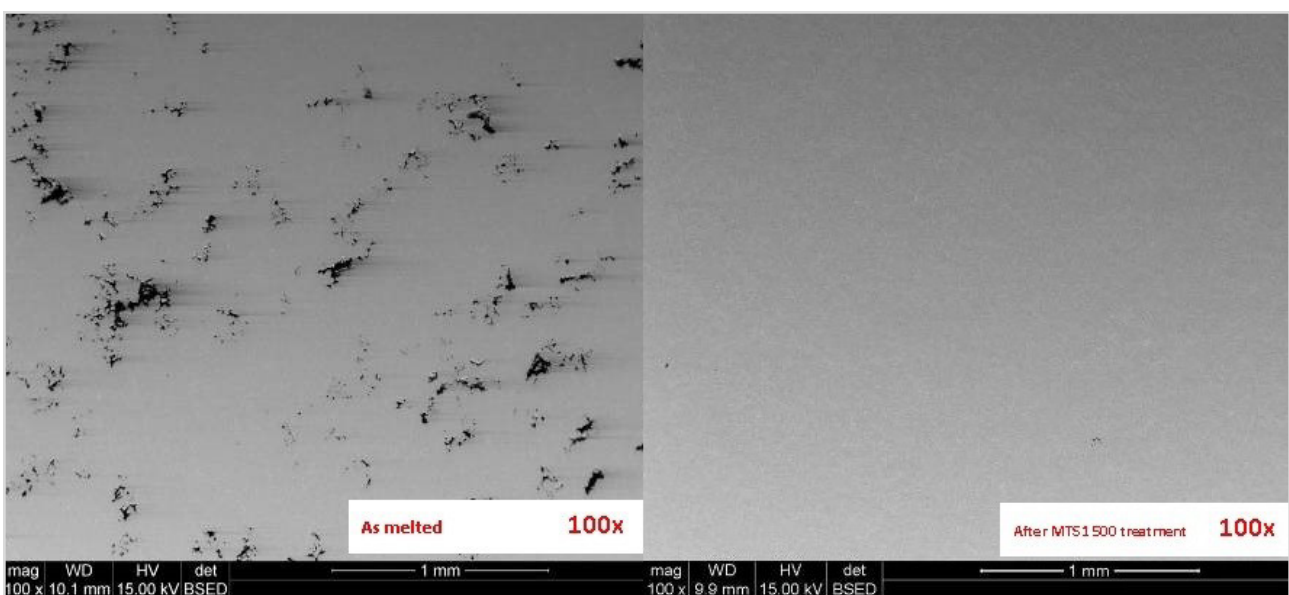


Abbildung 15. SEM Aufnahmen mit 100facher Vergrößerung



Zwei Öfen #1 und #2 (Tabelle 16) mit ähnlicher Kapazität wurden mit der gleichen Menge an Spänen chargiert. Nach einer Schmelzzeit von ca. 1 Stunde wurde das MTS 1500-Gerät für 15 Min an Ofen 1 und für 10 Min an Ofen 2 eingesetzt.

Alle anderen Parameter waren identisch, einschließlich:

- Kapazität des Ofens: 750 kg Späne
- Gasfluss: 20 l/min
- Reinigungsgranulat: 1,2 kg (0,16 %)
- Rotortyp: XSR 220
- Schaftlänge: 900 mm
- Behandlungstemperatur: 720 °C

Die VMET-Daten in Tabelle 16 zeigen deutlich, dass die MTS 1500-Behandlung die meisten Defekte deutlich reduzieren konnte:

- Gesamtanzahl der Merkmale um 99 % von 7116 und 4307 auf 73 bzw. 53 reduziert.
- Gesamtzahl der Poren um 99 % von 3804 und 3791 auf 63 bzw. 29 reduziert.
- Gesamtanzahl der Oxide um 94 % von 2958 und 329 auf 3 bzw. 19 reduziert.
- Gesamtanzahl der anderen Einschlüsse um 97 % von 354 und 187 auf 7 bzw. 5 reduziert.

Aus dieser Studie zum Einschmelzen von Spänen kann man schließen, dass das MTS 1500-Verfahren in der Lage ist, mehr als 98 % aller Defekte aus Aluminiumschmelzen zu entfernen.

Späneschmelzen	Ofen 1		Ofen 2	
Probe	Geschmolzen	Nach 15 min MTS 1500	Geschmolzen	Nach 10 min MTS 1500
Gesamtzahl der Merkmale	7116	73	4307	53
Poren	3804	63	3791	29
Al ₂ O ₃	2958	3	329	19
Andere Einschlüsse	354	7	187	5
0,5 – 2,5 µm	1312	9	1246	17
2,5 – 5,0 µm	3239	21	1980	18
5,0 – 15 µm	2216	21	1008	11
15 – 30 µm	251	19	62	3
30 – 75 µm	64	2	11	4
> 75 µm	4	1	0	0

Tabelle 16. VMET-Ergebnisse Späneschmelzen

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Schmelzebehandlung ist ein kritischer Schritt im Gießereiprozess, der oft einen erheblichen Einfluss auf die Gussqualität, die Ausschussrate und die Kosten hat. Bestehende Praktiken können Einschränkungen in Bezug auf Qualität, Effizienz oder Automatisierung aufweisen.

Das MTS 1500-Verfahren zeigte eine deutlich höhere Entgasungsleistung und eine bessere Kornfeinung bei Niederdruckgussrädern.

Im Druckguss zeigt MTS 1500 signifikante Kosteneinsparungen durch reduzierte Krätzebildung und vermindertem Metallverlust in der Krätze.

MTS 1500 in Kombination mit VMET (Verfahren zur Beurteilung der Schmelzequalität) hat eindeutig bewiesen, dass es die Schmelzequalität von Aluminiumkolben oder -rädern und beim Einschmelzen von Spänen deutlich verbessern kann, indem es schädliche Oxide und Einschlüsse signifikant reduziert.

Anmerkung:

Foseco hat im September 2021 viele chemische Produkte umbenannt. Alle Versuche in dieser Veröffentlichung wurden unter den jeweils alten Produktnamen durchgeführt. Dieser Artikel verwendet die neuen Bezeichnungen; die Zusammensetzung der Produkte ist jedoch identisch:

COVERAL MTS 1582 - NUCLEANT 1582

COVERAL MTS 1565 – COVERAL PURE 1565

COVERAL MTS 1524 – COVERAL 1524

REFERENCES

1. J. Campbell. Castings. Butterworth Heinemann, 2003.
2. Geoffrey K. Sigworth, Understanding Quality in Aluminum Castings.
3. J.G. Kaufman and E.L. Rooy, "Aluminum Alloy Castings", AFS (2005).
4. Philippe Kientzler, Jun Pascual, "MTS 1500 - A robust (blockage-free), reliable, environmentally friendly, lower cost Metal Treatment Station for Aluminium Foundries", 11th Asian Foundry Congress, Guangzhou, November 12th -15th 2011.
5. J.E. Gruzleski, "Treatment of Al-Si Alloys", AFS (1990).
6. M. Timpel et al., Acta Mat., vol.60, p3920 (2012).
7. J. Stonesifer, B. Began, Degassing and Flux Grain Refining in a Continuous Well at Littlestown Foundry, 2019 AFS Proceedings of the 123rd Metalcasting Congress, Atlanta, Georgia, USA, Paper 19-015.
8. Wenwu Shi, Vmet Analysis of Cast Aluminum Alloys, Fundamental, Application, and Statistic Analysis, AFS Conference on high integrity aluminum castings, October 5-7, 2015 Nashville, TN

CONTACT



PHILIPPE KIENTZLER

INTERNATIONAL MARKETING
MANAGER NON-FERROUS

philippe.kientzler@vesuvius.com

+81 080 2474 4161



TENCO XUE

PRODUCT GROUP MANAGER -
NON FERROUS

tenco.xue@vesuvius.com

+86 139 1836 7830



TAKEHIKO OKAMOTO

PRODUCT MANAGER,
NON FERROUS PRODUCTS

takehiko.okamoto@vesuvius.com

+81 90 5156 9233



PRAMUK UHAPATTANAPANICH

SALES MANAGER,
FOSECO (THAILAND) LTD

u.pramuk@vesuvius.com

+66 81822 0645



REGENERIERUNG VON ANORGANISCH GEBUNDENEN SANDSYSTEMEN - AUF DEM WEG ZU EINEM NACHHALTIGEREN KERNHERSTELLUNGSPROZESS



Autoren: Dr. Vincent Haanappel und Thomas Linke, Foseco und Markus Jendrock und Dr. Enno Schulte, KLEIN Anlagenbau AG

In den Aluminiumgießereien der Automobilindustrie werden zunehmend organische durch anorganische Bindemittelsysteme ersetzt, um die organischen Emissionen zu reduzieren und einen nachhaltigeren Produktionsprozess zu gewährleisten. Wenn auch ein effizienter Sandregenerierungsprozess für anorganisch gebundenen Sand entwickelt werden kann, bietet dies mehr Vorteile für reduzierte Emissionen und Energieverbrauch. In dieser Studie wird ein innovatives Verfahren zur Regenerierung von anorganisch gebundenem Gießereisand vorgestellt, das auf einem mechanisch adsorptiven Prozess basiert, der auch als CLUSTREG-Prozess bezeichnet wird. Die Ergebnisse von zehn Regenerierungszyklen haben gezeigt, dass selbst nach zehn Prozessdurchläufen der Gießereisand aus Kernen mit SOLOSIL TX anorganischen Bindemittelsystemen wiederverwendet werden konnte, ohne die Fließfähigkeit der Sandmischung sowie die mechanischen Eigenschaften und die Gasdurchlässigkeit der hergestellten Kerne zu beeinträchtigen. Da es sich um Kernsand aus Kernen mit anorganischen Bindemittelsystemen handelte, waren sowohl der pH-Wert als auch die Leitfähigkeit bereits nach einem Regenerierungszyklus deutlich erhöht. Dies hatte jedoch keinen negativen Einfluss auf die Kernqualität des Regeneratsandes.

EINLEITUNG

Es ist allgemein bekannt, dass bis heute eine große Anzahl von Gussteilen in tongebundenen Formstoffen hergestellt wird [1]. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wird heutzutage der bentonit- oder tongebundene Sand durch ein Kreislaufsystem oder -verfahren aufbereitet, um letztlich Kosten und Umweltbelastung zu reduzieren und zu erreichen, dass der größte Teil des Materials nach einem spezifisch entwickelten Materialaufbereitungsprozess wiederverwendet werden kann, letzteres auch als Regenerierung bezeichnet.

Darüber hinaus gibt es, losgelöst von den oben erwähnten tongebundenen Sandsystemen, eine Vielzahl von organischen Bindemittelsystemen für die Kern- und Formenherstellung [2]. Auch diese Materialien können durch eine mechanische und thermische Behandlung rekonditioniert werden. Der harz- oder organisch gebundene Sand wird während des Gießens und Abkühlens einer thermischen Belastung ausgesetzt, bevor die Kernreste regeneriert werden. Einige der Binderbrücken in der Nähe der Gussoberfläche waren hohen Temperaturen ausgesetzt und wurden fast vollständig zersetzt, was das Entkernen der Gussstücke einfacher macht. Bei der mechanischen Rückgewinnung kann der Binder relativ leicht von der Oberfläche der Sandkörner entfernt werden, da die Festigkeit der organischen Binderbrücken recht gering ist.

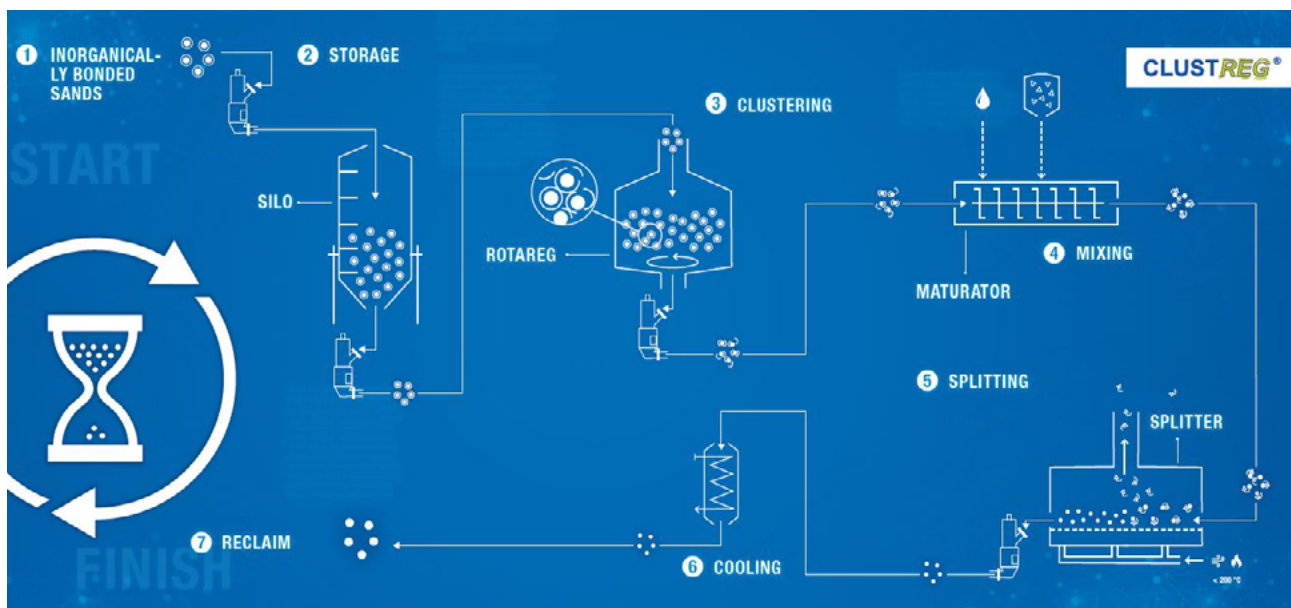
Bei der Verwendung von organisch gebundenen Sanden entstehen die Emissionen in Gießereien hauptsächlich durch das Abbrennen der organischen Binderbestandteile in den Sandformen oder Kernen während des Gießprozesses. In den Aluminiumgießereien der Automobilindustrie werden die organischen Bindemittel zunehmend durch anorganische ersetzt, um die organischen Emissionen (flüchtige organische Verbindungen) zu reduzieren und einen nachhaltigeren Produktionsprozess zu gewährleisten [3]. Falls auch für anorganisch gebundenen Sand ein effizientes Sandregenerierungsverfahren entwickelt werden kann, bietet dies noch mehr Vorteile für reduzierte Emissionen und

Energieverbrauch. Der Rückgewinnungsprozess für diesen anorganisch gebundenen Sand (IOB) unterscheidet sich jedoch aus technischer Sicht wesentlich von den Regenerierprozessen für organisch gebundene Sande.

Die Aluminium-Automobilgießereien verwenden Kernpakete, die aus Basiskernen, Einlass-, Auslasskernen und Wassermantelkernen bestehen. Das System versteht sich als Monosystem, da nur ein Bindemittelsystem mit ggf. zwei verschiedenen Korngrößen (Verteilung) für den Quarzsand verwendet wird. Während des Gießprozesses ist das Kernpaket nur in einigen Bereichen einer geringen thermischen Belastung ausgesetzt, wie z.B. die Einlass-, Auslasskerne und die Wassermantelkerne. Aufgrund der geringen thermischen Belastung bleiben einige Bereiche im Kernpaket bei Raumtemperatur und andere Teile mit einer sehr kurzen thermischen Belastung bei 500 °C mit einer schnellen Abkühlung auf 200 °C innerhalb von ca. 30 Minuten.

Bei der Verwendung anorganischer Bindemittelsysteme sind die Bindemittelbrücken im Allgemeinen steifer, d. h. mechanisch widerstandsfähiger als bei organischen Bindemitteln; die Härte des ausgehärteten anorganischen Bindemittels liegt nahe an der Härte des verwendeten Quarzsandes. Die höhere Abriebfestigkeit des ausgehärteten Bindemittels veranschaulicht, dass reine kornreibende Verfahren für diese Sandregenerierung nicht zu empfehlen sind.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Sandregenerierungsverfahrens für anorganisch gebundene Sandkerne aus einer Automobilgießerei. Im Einzelnen werden nach der Vorstellung des Sandregenerierungsprozesses CLUSTREG die Ergebnisse von zehn Regenerierzyklen beleuchtet, in diesem Fall Sandeigenschaften (Korngröße (-verteilung), Glühverlust, pH-Wert, Leitfähigkeit), Fließfähigkeit des Sandgemisches, Biegefestigkeitswerte und Gasdurchlässigkeit der hergestellten Kerne.





BESCHREIBUNG DES VERFAHRENS ZUR REGENERIERUNG VON ANORGANISCH GEBUNDENEM SAND

Mit CLUSTREG (Abbildung 1) hat die KLEIN Anlagenbau AG (WO 2017/137113 A1 / EP 3202927 B1, METHOD AND DEVICE FOR REGENERATING FOUNDRY SAND) ein innovatives Verfahren zur Regenerierung von wasserglasgebundenem Gießereisand entwickelt, das als mechanisch adsorptiver Prozess beschrieben werden kann. Bei dem Verfahren sind drei Hauptprozessschritte hintereinandergeschaltet. Im ersten Prozessschritt wird der Altsand in der mechanischen Vorreinigungsanlage ROTAREG aufbereitet (Bild 2). Dabei werden in einer ersten Behandlungsstufe die Bindemittelreste, Zusatzstoffe und ggf. Quarzstaub von den Sandkörnern gelöst und entstaubt. Der Altsand fällt von oben mit einem definierten Massenstrom (10 t/h) senkrecht auf einen schnell rotierenden Drehteller. Dieser beschleunigt den Sand nach außen und schießt ihn nahezu radial in ein Sandbett. Der Sand wird durch den Aufprall und durch das Aneinanderreiben der Sandkörner gereinigt. Je nach gewünschtem Reinigungsgrad kann der Sand mehrmals zirkulieren. In der Aufbereitungskammer ist eine erste Vorentstaubungsstufe integriert.

Nach diesem mechanischen Behandlungsschritt wird der Sand in einem nachgeschalteten Sichter nochmals intensiv entstaubt. Die wesentlichen Vorteile des ROTAREG sind die schonende Sandaufbereitung, die robuste und kostengünstige Anlagentechnik und die Einsetzbarkeit für viele verschiedene Bindemittelsysteme, insbesondere für wasserglasgebundene Gießereisande. In einem innovativen nächsten Schritt wird der mechanisch vorbehandelte Sand im so genannten Maturator mit einem Haftvermittler und einem Trägermaterial gezielt gerührt und durchmischt und erfährt einen Reifeprozess. Bindemittelreste und Staubpartikel werden im Altsand-Bindemittel-Trägermaterial-Gemisch an das Trägermaterial gebunden. Auch die Kornoberfläche wird von den feinen Staubpartikeln gereinigt. Nachdem das Gemisch den Maturator durchlaufen hat, gelangt es in die nächste innovative Aufbereitungsstufe, den sogenannten Splitter.

Im Splitter werden der Sand und das Trägermaterial mit Bindemittelresten und Staubbestandteilen voneinander getrennt. Dazu wird das Gemisch über ein Wirbelbett geleitet, das von unten mit erwärmter Luft ($< 200^{\circ}\text{C}$) durchströmt wird. Durch die Fluidisierung und eine spezifische Absaugung sowie die geringe Dichte des Trägermaterials im Vergleich zum Sand werden Trägermaterial, Binderreste und Staubpartikel nach oben ausgetragen. Nachdem der Sand den Splitter durchlaufen hat, ist der Regenerationsprozess abgeschlossen und das CLUSTREG-Regenerat kann z. B. in ein Regeneratsilo gefördert werden, von wo aus das Regenerat wiederverwendet werden kann.

Bei dem Entwicklungsprozess wurde großer Wert daraufgelegt, dass die Anlagentechnik einfach und robust ist und dass außer den üblichen gehärteten Verschleißteilen, die für die Sandaufbereitung benötigt werden, keine besonderen Materialien verwendet werden müssen (keine hitzebeständigen

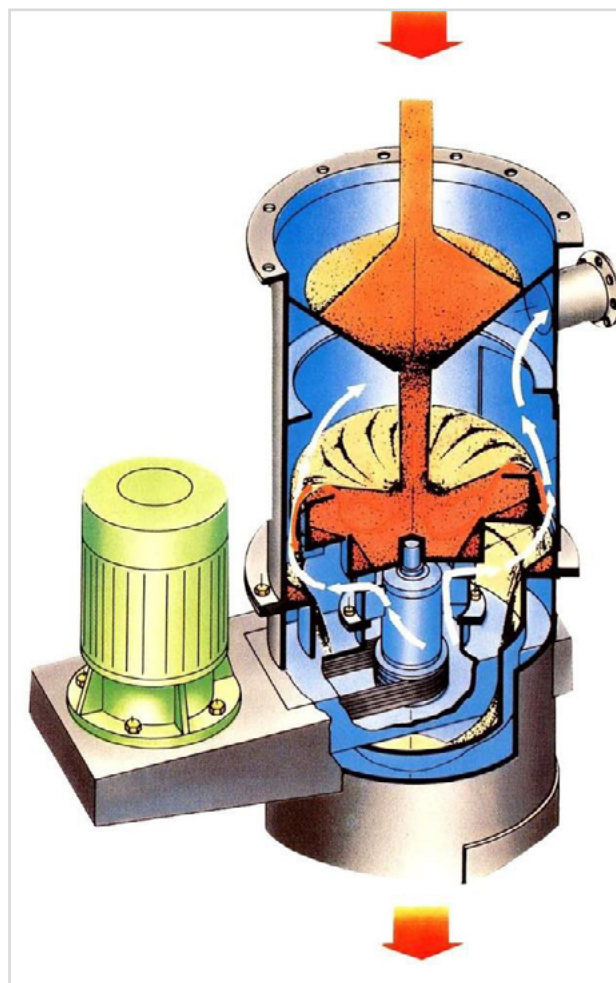


Abbildung 2: Prinzip des ROTAREG Fliehkraftreiniger, KLEIN Anlagenbau AG

Stähle, spezielle Dichtungsmaterialien etc.). Wichtig zu erwähnen ist, dass der Energieverbrauch nur ca. 20% des Energieverbrauchs von thermischen Aufbereitungsanlagen für die Aufbereitung von wasserglasgebundenen Gießereisanden beträgt. Darüber hinaus zeichnen sich CLUSTREG-Anlagen durch sehr erfreuliche Regenerierungsergebnisse einschließlich geringer Sandverluste aus.

AUFBEREITUNGSPARAMETER

Für die Regenerationsversuche wurden Sandkerne auf einer Kernschießmaschine vom Typ Laempe hergestellt. Um die Robustheit des Verfahrens zu testen, erfuhren die Sandkerne nur eine Heißaushärtung ohne jegliche Wärmenachbehandlung. Der Regenerierungsprozess wurde mit anorganisch gebundenen Sandkernen mit voll entwickelter mechanischer Festigkeit durchgeführt.

Die Beschreibung des angewandten Prozesses zeigt, dass die Anlage durch verschiedene Eingangsparameter gekennzeichnet ist, die für diesen Typ anorganisch gebundener Sandkerne optimiert werden mussten. Nach mehreren Versuchsschritten, u. a. zur Ermittlung der optimierten Aufbereitungsparameter, wurde eine erste Versuchsreihe zur Regenerierung mit jeweils 20 kg anorganisch gebundenem Altsand gestartet. Während dieser Zyklen wurden die Maschinen- und Verarbeitungsparameter konstant gehalten.

VERSUCHE UND ERGEBNISSE

In diesem Abschnitt werden verschiedene Versuchsmethoden vorgestellt und die Ergebnisse näher erläutert. Die Absicht dieses Beitrags ist es jedoch nicht, alle verfügbaren Versuchsergebnisse zu präsentieren, denn das würde den Rahmen dieser Präsentation sprengen, sondern die relevantesten Daten aus dem Regenerierungsprozess für das weitere Management von Sandsystemen in der Gießereiindustrie zu sammeln. So werden Ergebnisse aus zehn Zyklen vorgestellt, in diesem Fall Sandeigenschaften (Korngröße und -verteilung), Glühverlust, pH-Wert, Leitfähigkeit, Fließfähigkeit der Sandmischung, Biegefestigkeitswerte und Gasdurchlässigkeit der hergestellten Kerne.

Sandeigenschaften

Ausgangspunkt war ein thermisch aufbereiteter, organisch gebundener Sand auf der Basis von LA32. Frühere Tests haben gezeigt, dass die Daten / Ergebnisse dieses thermisch behandelten Sandes identisch mit Neusand sind. Die Sandkerne wurden mit der Kernschießmaschine mit Zugaben von 1,70 Gew.-% SOLOSIL TX (flüssiges Bindemittel) und 0,80 Gew.-% SOLOSIL TX (Additiv) hergestellt; alle Prozentangaben bezogen auf die Sandmasse. In Tabelle 1 sind die durchschnittliche Partikelgröße des Regenerats sowie die Werte für pH-Wert, Leitfähigkeit und Glühverlust aufgeführt.

Aus dieser Tabelle lässt sich schließen, dass die Korngröße nach der Regenerierung nur geringfügig geringer war (AFS = 53-

54) als die Nullprobe (also der thermisch behandelte organisch gebundene Sand mit einem AFS von 51). Interessanter war der pH-Wert und die Leitfähigkeit des regenerierten Sandes. Nach dem ersten Regenerierungszyklus stieg der pH-Wert auf Werte über 10 an, während die Leitfähigkeit einen deutlichen Sprung in Richtung von etwa 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zeigte. Nach zwei Zyklen lag der pH-Wert bei etwa 11 und die Leitfähigkeit stieg auf Werte von über 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Diese hohen Werte können auf die Verwendung der alkalischen anorganischen Bindemittelsysteme, hauptsächlich auf der Basis von Natriumsilikat, zurückgeführt werden. Wahrscheinlich befindet sich noch eine geringe Menge des Bindemittels auf der Oberfläche der Sandkörner. Es war kein negativer Einfluss auf die Festigkeitsdaten erkennbar, wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist. Die Glühverlust-Werte waren immer relativ niedrig, unabhängig von der Anzahl der Regenerierzyklen. Dies ist auf die Verwendung des anorganischen Bindemittelsystems zurückzuführen.

Wie bereits erwähnt, war die Korngrößenverteilung recht stabil ohne signifikante Veränderungen. Abbildung 3 zeigt Mikroskopbilder von Sand nach 0, 5 und 10 Umläufen. Interessant zu erwähnen ist, dass selbst nach zehn Zyklen die Sandkörner noch hell und glänzend sind, ein Hinweis auf die Effektivität des Sandregenerierungsprozesses. Es wurde festgestellt, dass die mechanische Festigkeit und die Fließfähigkeit der Sandmischung umso niedriger sind, je geringer der Glanz der Sandkörner ist, was sich nachteilig auf die Regeneratqualität auswirkt. Dies ist in Abbildung 4 zu sehen, in der zwei Chargen dargestellt sind, der linke Teil nach Reifezeit 1 und Reifezeit 2 (Reifezeit 2 < Reifezeit 1).

Probe	Mittlerer Korn- durchmesser (AFS)	pH-Wert	Leitfähigkeit	Glühverlust
00 – Foundry sand	272 μm (51)	6.1	4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.18 %
01 – EN 1275	266 μm (52)	10.8	198 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.25 %
02 – EN 1305	260 μm (53)	10.8	358 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.22 %
03 – EN 1313	255 μm (54)	11.2	323 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.26 %
04 – EN 1317	254 μm (54)	11.0	326 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.28 %
05 – EN 1334	258 μm (54)	11.0	291 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.35 %
06 – EN 1478	262 μm (53)	11.4	372 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.34 %
07 – EN 1497	266 μm (52)	11.2	424 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.40 %
08 – EN 1531	263 μm (53)	11.6	438 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.41 %
09 – EN 1544	262 μm (53)	11.6	478 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.52 %
10 – EN 1578	253 μm (54)	11.0	417 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.42 %

Tabelle 1: Durchschnittliche Partikelgröße, pH-Wert, Leitfähigkeit und Glühverlust in Abhängigkeit vom Regenerierzyklus (Gießereisand LA32).

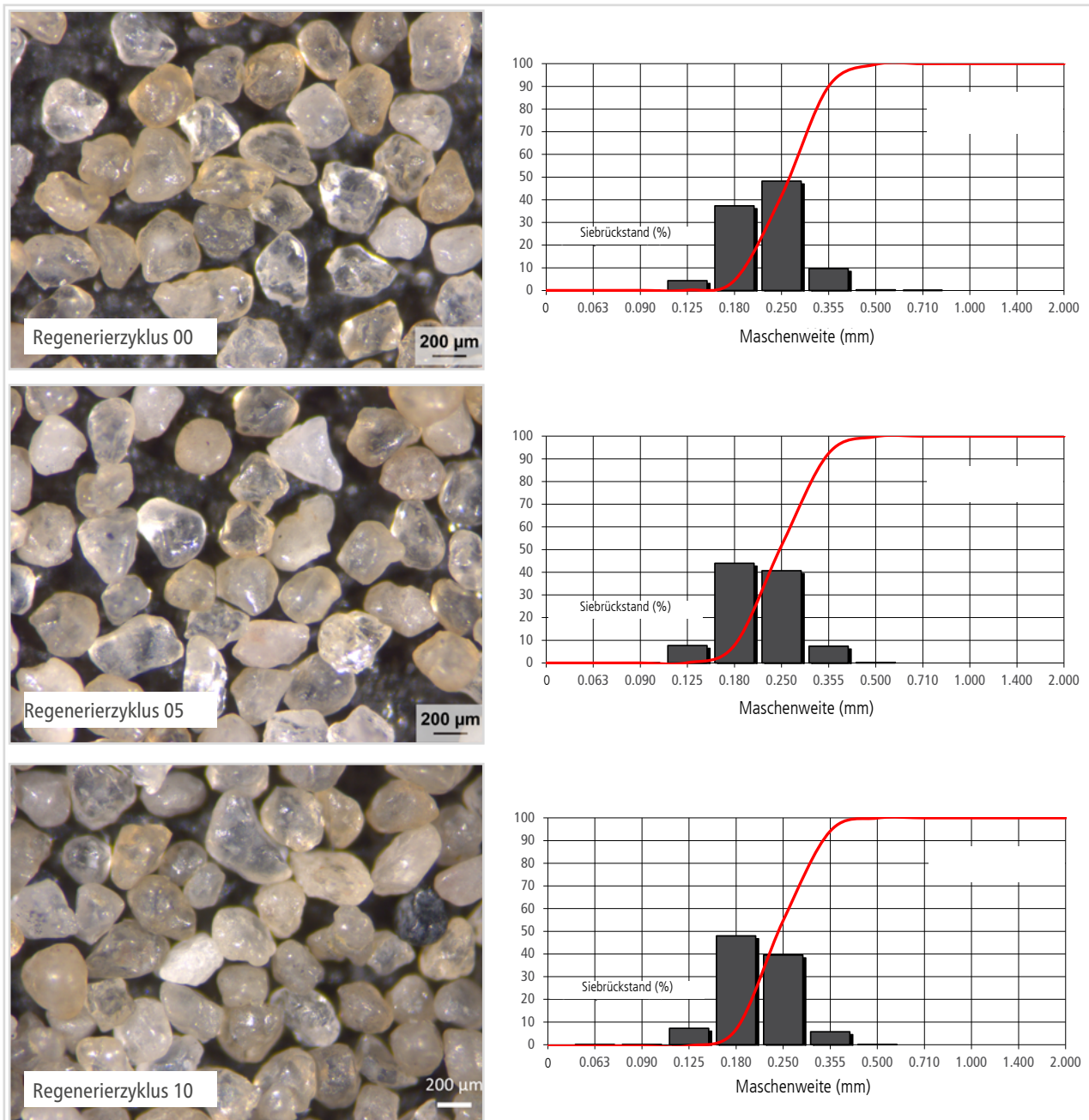


Abbildung 3: Mikroskopbilder vom Regenerat einschließlich Korngrößenverteilung. Oben: nach 0 Zyklen; Mitte: nach 5 Zyklen; unten: nach 10 Zyklen.

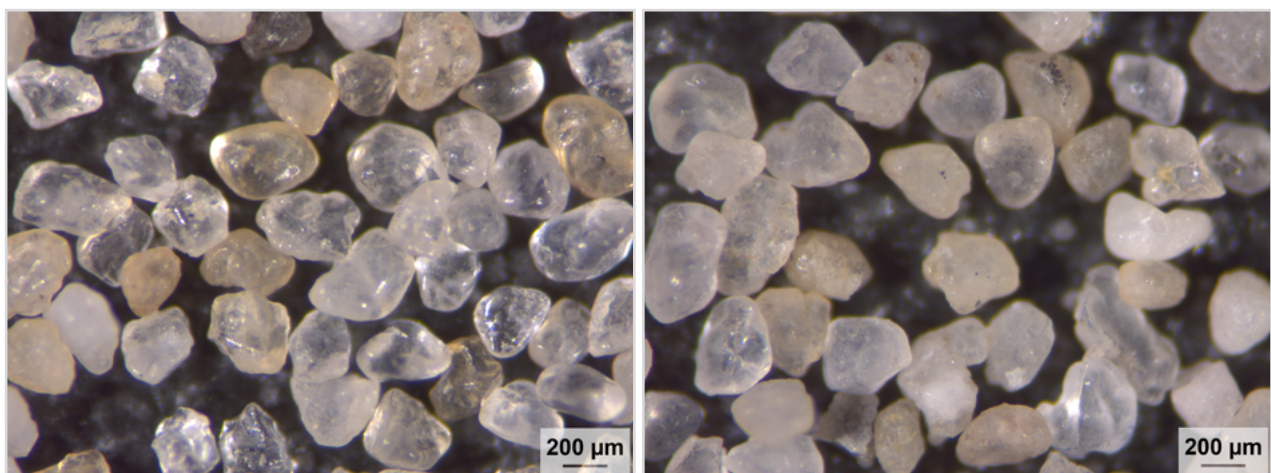


Abbildung 4: Erscheinungsbild der Sandkörner - Reifezeit 1 und Reifezeit 2 (Reifezeit 2 < Reifezeit 1)

Fließfähigkeit

Die Fließfähigkeit der Sandmischung wurde mit dem Brookfield Powder Flow Tester gemessen. Dieser Powder Flow Tester wurde ursprünglich entwickelt, um das Fließverhalten von festem Pulvermaterial mit Partikelgrößen bis maximal etwa 1 mm zu charakterisieren. Da aber auch der Bedarf bestand, die Fließfähigkeit von Sandgemischen mit einer relativ geringen Menge einer Flüssigkeit zu bestimmen und zu definieren, wurde erwogen, den PFT auch für diese Anwendungen einzusetzen.

Um verschiedene Arten von Sandgemischen zu vergleichen, werden die Ergebnisse in Form einer sogenannten Fließfähigkeitskurve dargestellt. Weitere Informationen zum Hintergrund wurden bereits von Schulze [4] veröffentlicht. Dieses Diagramm zeigt die Fließfähigkeit verschiedener Probenotypen über sogenannte unterschiedliche "Konsolidierungsspannungen", wobei letztere als Druckspannung betrachtet werden. Dieser Plot zeigt verschiedene Bereiche beginnend von frei fließend, über leicht fließend, kohäsiv, sehr kohäsiv bis hin zu nicht fließend. Je niedriger die Kurve ist, desto höher ist die gemessene Fließfähigkeit. Abbildung 5 zeigt die einaxiale Bruchfestigkeit (kPa) in Abhängigkeit von der Hauptverfestigungsspannung (kPa). Die Ergebnisse der Sandmischungen unabhängig von der Anzahl der Regenerierzyklen zeigen deutlich, dass

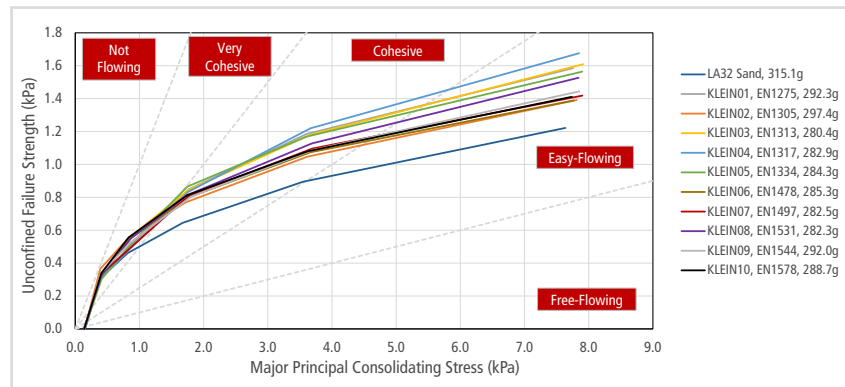


Abbildung 5: Fließfähigkeit von Sandmischungen nach verschiedenen Regenerierzyklen.

die Sandmischung unter der höchsten Druckspannung und in allen Fällen "leicht fließend" war. Die höchste Fließfähigkeit wurde mit der Sandmischung ohne Regenerierung erreicht.

Im Zusammenhang mit diesem Gerät kann auch das Gewicht des Sandgemisches, das in den Probenhalter gegeben wurde, ein indirekter Hinweis auf die Fließfähigkeit sein. In diesem Fall wird manchmal das Hausner-Verhältnis [5] oder der Carr-Index C [6] verwendet, mit denen ein quantitativer Wert der Fließfähigkeit ermittelt werden kann. Das Gewicht der Ausgangsprobe (ohne Regenerierung) betrug in diesem Fall 315 g und für die anderen Sandmischungen weniger als 300 g, was auf eine etwas geringere Verdichtung entsprechend einer etwas geringeren Fließfähigkeit hinweist.

Kerneigenschaften

Tabelle 2 listet das Kerngewicht, die Biegefestigkeit, den Biegemodul und die Gasdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der Anzahl der Regenerierzyklen auf. Die Messungen an den Kernen wurden nach 12 h Lagerung bei 25 °C und 30 % relativer Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Die Tabelle zeigt deutlich, dass sich das Gewicht der Proben mit der Anzahl der Sandumläufe nicht signifikant veränderte und immer zwischen 146 und 143 g lag, ein Hinweis auf die Verdichtung / gute Fließfähigkeit der Sandmischung. Die Biegefestigkeitswerte begannen mit 477 N/cm² (Zielwert war 475 N/cm²) und stiegen nach der Regenerierung leicht an. Unabhängig von der Anzahl der Regenerierzyklen lagen die Festigkeitswerte immer zwischen 500 und 540 N/cm².

Der Grund für den leichten Anstieg der Festigkeit war die Entfernung von

Umlauf	Kerngewicht	Biegefestigkeit	Biegemodul	Gasdurchlässigkeit
00 – Foundry sand	145.6 ± 0.3 g	477 ± 7 N/cm ²	4.3 ± 0.4 MPa	140 ± 1 mD
01 – EN 1275	144.7 ± 0.2 g	495 ± 2 N/cm ²	5.4 ± 0.1 MPa	157 ± 3 mD
02 – EN 1305	144.7 ± 0.2 g	531 ± 12 N/cm ²	4.9 ± 0.1 MPa	147 ± 2 mD
03 – EN 1313	142.5 ± 0.1 g	537 ± 18 N/cm ²	4.7 ± 0.1 MPa	153 ± 4 mD
04 – EN 1317	142.6 ± 0.1 g	505 ± 11 N/cm ²	4.9 ± 0.1 MPa	159 ± 2 mD
05 – EN 1334	142.6 ± 0.2 g	519 ± 9 N/cm ²	5.1 ± 0.2 MPa	155 ± 1 mD
06 – EN 1478	143.9 ± 0.2 g	504 ± 11 N/cm ²	4.4 ± 0.1 MPa	142 ± 1 mD
07 – EN 1497	142.8 ± 0.2 g	508 ± 17 N/cm ²	4.1 ± 0.2 MPa	148 ± 1 mD
08 – EN 1531	143.6 ± 0.2 g	498 ± 5 N/cm ²	4.1 ± 0.1 MPa	158 ± 1 mD
09 – EN 1544	144.3 ± 0.3 g	500 ± 23 N/cm ²	4.1 ± 0.2 MPa	139 ± 1 mD
10 – EN 1578	143.8 ± 0.4 g	521 ± 32 N/cm ²	4.4 ± 0.1 MPa	138 ± 2 mD

Tabelle 2: Kerngewicht, Biegefestigkeit, Biegemodul und Gasdurchlässigkeit in Abhängigkeit der Anzahl Sandumläufe (Giebereisand LA32).



Feinanteilen während des Prozesses. Der Biegemodul zeigte sich unabhängig zu der Anzahl der Regenerierzyklen und lag immer zwischen 4,1 und 5,4 MPa. Die Gasdurchlässigkeit nahm mit steigender Anzahl der Umläufe zunächst zu, stabilisierte sich aber bei etwa 150 mD.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag wurde ein innovatives Verfahren zur Regenerierung von anorganisch gebundenem Gießereisand vorgestellt, das auf einem mechanisch adsorptiven Prozess, auch CLUSTREG-Prozess genannt, basiert [7]. Nach Vorversuchen mit verschiedenen Aufbereitungsbedingungen, die zur Optimierung der verschiedenen Aufbereitungsparameter dienten, wurden zehn Regenerierzyklen unter Konstanzhaltung der Maschinenparameter durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Durchläufe wurden dargestellt, in diesem Fall Sandeigenschaften (Partikelgröße/-verteilung), Glühverlust, pH-Wert, Leitfähigkeit), Fließfähigkeit der Sandmischung, Biegefestigkeitswerte und Gasdurchlässigkeit der hergestellten Kerne. Es zeigte sich, dass selbst nach zehn Regenerierzyklen dieser Gießereisand aus Kernen mit anorganischen Bindemittelsystemen wiederverwendet werden konnte, ohne die Fließfähigkeit der Sandmischung sowie die mechanischen Eigenschaften und die Gasdurchlässigkeit der hergestellten Kerne zu beeinträchtigen. Da es sich um Kernsand aus Kernen mit anorganischen Bindemittelsystemen handelte, waren sowohl der pH-Wert als auch die Leitfähigkeit bereits nach einem Regenerierzyklus deutlich erhöht. Dies hatte jedoch keinen negativen Einfluss auf die Kernqualität des Regenerats.

Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass nach dem Start mit den anspruchsvollsten Parametern zur Beanspruchung des Prozesses und der Anlage und mit Unterstützung von Laborergebnissen zur Anpassung der Maschinenparameter, verbesserte Verarbeitungsparameter ermittelt werden konnten. Mit diesem Satz von Verarbeitungsparametern traten bei dieser Art von SOLOSIL TX anorganisch gebundenem Sand keine Probleme mehr auf, auch nicht nach zehn Regenerierzyklen.

Zurzeit wird ein weiteres Projekt durchgeführt, das fünf Sandumläufe mit Kernen umfasst, die einer mit den Gießereibedingungen vergleichbaren thermischen Belastung ausgesetzt sind.

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei Joachim Buchen Vorstand (KLEIN Anlagenbau AG, Freudenberg, Deutschland) und Tim Birch (Foseco UK, Tamworth, Großbritannien) für die Unterstützung dieser Studie

LITERATUR

1. W.B. Parkes, Clay-bonded Foundry Sand, Applied Science Publishers, 1971 (ISBN: 0853345015, 9780853345015)
2. J. Brown, Foseco Foundryman's Handbook, Butterworth-Heinemann, 1994 (ISBN: 9780750619394)
3. H. Polzin, Anorganische Binder, Schiele & Schön, 2012 (ISBN: 9783794908240)
4. D. Schulze, Powders and Bulk Solids - Behavior, Characterization, Storage and Flow, Springer (2007).
5. R.E. Riley, and H.H. Hausner, Effect of particle size distribution on the friction in a powder mass, Int. J. Powder Met., 6 (1), 1970, pp. 17-22.
6. J. Cain, An alternative technique for determining ANSI/CEMA standard 550 flowability ratings for granular materials, Powder Hand. Proc., 14 (3), 2002, pp. 218-220.
7. E. Schulte, Klein AG, Deutscher Gießereitag Magdeburg 2016

KONTAKT



THOMAS LINKE

International Project Manager
Mould & Core

thomas.linke@vesuvius.com

+31 53 751 5091

FOSECO. Your partner to build on.



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

www.foseco.de // foseco.communications@vesuvius.com

Alle Rechte vorbehalten. Der Inhalt darf weder ganz noch auszugsweise ohne schriftliche Genehmigung des Inhabers des Urheberrechts reproduziert, gespeichert oder in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise weitergegeben werden, einschließlich Fotokopie und Aufzeichnung. Alle hierin enthaltenen Aussagen, Hinweise und Daten sollen als Richtungsweiser dienen. Wenn auch die Richtigkeit und Zuverlässigkeit (im Hinblick auf die praktischen Erfahrungen des Herstellers) angenommen werden, garantieren weder der Hersteller, noch der Lizenzgeber, noch der Verkäufer oder der Herausgeber, weder ausdrücklich noch stillschweigend,

(1) ihre Richtigkeit/Zuverlässigkeit

(2) dass die Anwendung der Produkte keine Rechte Dritter verletzt

(3) dass für die Einhaltung örtlicher Gesetze keine weiteren Sicherheitsvorkehrungen erforderlich sind.

Der Verkäufer ist nicht zur Vertretung oder zum Vertragsabschluss im Namen des Herstellers/Lizenzgebers ermächtigt.

Allen Verkäufen des Herstellers/Verkäufers liegen dessen Verkaufsbedingungen, erhältlich auf Anforderung, zugrunde.

*Foseco, das Logo, COVERAL, HOLCOTE, INSTA, KAPEX, SEDEX, SEMCO and SOLOSIL are Trade Marks of the Vesuvius Group, registered in certain countries, used under licence.

©Foseco International Ltd. 2021

CLUSTREG und ROTAREG sind Warenzeichen der KLEIN Anlagenbau AG.

HINWEIS

Die Herausgeber bemühen sich, stets die neuesten Erzeugnisse und technischen Entwicklungen von Foseco herauszustellen. Deshalb kann es vorkommen, dass das eine oder andere Erzeugnis im Lande des Lesers noch nicht verfügbar ist. Auskünfte erteilen gerne die in den jeweiligen Ländern ansässigen Foseco Werke oder Vertretungen.



Foseco International Limited
P.O. Box 5516
Tamworth
Staffordshire
England B78 3XQ
Registered in England No. 468147

VESUVIUS