



Bild 1: Gießtisch für Aluminiumbillet-Produktion, beschichtet mit EKamold-Cast-C vor dem Einsatz

FOTOS: ESK

Bornitrid plus Binder

Synonym für Produktivitätsgewinn

VON CHRISTIANE KLÖPFER UND THOMAS JÜNGLING, KEMPTEN

Mit einer neuen Generation von Bornitrid-Schichten stellt die Kemptener ESK Ceramics GmbH & Co. KG der Gießereiindustrie maßgeschneiderte Materialien zur Verfügung, die unter anderem Gießrinnen, -tischen, -löffeln, Werkzeugen und Tiegeln einen bisher unerreichten Schutz vor aggressiven Aluminiumschmelzen gewähren. Ausschlaggebend für den Fortschritt in der Gießertechnologie ist unter anderem ein neuartiger nanoskaliger Binder, mit dem sich erstmals fest haftende Bornitrid-Schichten auf unterschiedlichen Materialien darstellen lassen.

Auf Grund seiner geringen Dichte hat sich Aluminium als einer der wichtigsten Werkstoffe mit einer einzigartigen Einsatzbreite etablieren können. So erstrecken sich die Anwendungen des Leichtmetalls von der Verpackungsindustrie über den

Fahrzeugbau bis hin zur Luft- und Raumfahrt. Hinzu kommt, dass in Legierungen mit diversen Metallen wie zum Beispiel Magnesium oder auch Silicium in Strangpressprofilen Festigkeiten erreicht werden, die jenen von Stahl nur wenig nachstehen.

Das elektrochemisch hergestellte Metall fällt in den Aluminiumhütten und -gießereien als rund 700 °C heiße Schmelze an. Weil diese Schmelze sehr aggressiv ist, muss sie vom Untergrund getrennt werden. Zum einen, um einem Verschleiß der verwendeten Geräte und Gefäße entgegen zu wirken, zum anderen, um die Verunreinigung des Aluminiums durch eingelöste Fremdmaterialien zu verhindern. Dies betrifft unter anderem die in Gießereien eingesetzten Rinnen, Schmelztiegel, Gießlöffel, Kokillen und Rohre. Um eine Korrosion der mit der Aluminiumschmelze in Berührung kommenden Oberflächen zu verhindern, ist eine Beschichtung erforderlich. Die Qualität dieser Oberflächen entscheidet nicht nur über die Standzeiten der eingesetzten Geräte und Werkzeuge, sondern sie beeinflusst zugleich maßgeblich die Qualität der resultierenden Gussstücke sowie deren mechanische und physikalische Eigenschaften.

Ein typisches Beispiel liefert der Transport des flüssigen Aluminiums in Gießereien, der in der Regel über Rinnen mit einer feuerfesten Auskleidung erfolgt. Letztere verfügen naturgemäß über eine schlechte Wärmeleitfähigkeit, wodurch

ein rasches Auskühlen der Schmelze verhindert wird. Allerdings bildet sich an der Oberfläche des heißen Aluminiums rasch eine dünne Oxidhaut. Um eine Verklebung dieser Schicht mit dem Untergrund zu verhindern, ist die Zugabe eines Trennmittels erforderlich. In der Gießereipraxis wird häufig Knochenmehl eingesetzt, das zwar über die erforderlichen Trenneigenschaften verfügt, auf Grund seiner schlechten Haftung aber immer wieder neu eingebracht werden muss, da es im Aluminiumstrom „mitgerissen“ wird.

Bornitrid versus Knochenmehl

Als Alternative zum Knochenmehl bieten sich Coatings aus keramischen Werkstoffen an. Diese so genannten „Schichten“, die in flüssiger Form aufgetragen werden und nach dem Trocknen einen festen Überzug ergeben, sollten eine hohe thermische und chemische Stabilität aufweisen und darüber hinaus eine ähnliche thermische Ausdehnung wie der Untergrund aufweisen, um ein Abplatzen der Schicht zu verhindern.

Ein Material, das diese Voraussetzungen geradezu optimal erfüllt, ist Bornitrid (BN). Aufgrund der graphitähnlichen chemischen Struktur ist BN hervorragend als Trenn- und Schmiermittel geeignet. Im Gegensatz zu Graphit, der an der Luft bereits oberhalb von 500 °C oxidiert wird, zeichnet sich Bornitrid durch eine hohe thermische Stabilität aus, die eine Verar-



Bild 2: Gießtisch für Aluminiumbillet-Produktion beschichtet mit EKamold-Cast-C nach dem Einsatz

beitung bis über 900 °C ermöglicht. Damit ist Bornitrid in dem für den Leichtmetallguss relevanten Temperaturbereich thermisch vollkommen stabil.

Eine für den Gießereibetrieb besonders interessante Eigenschaft ist die schlechte Benetzbarkeit seiner Oberfläche durch flüssiges Aluminium und andere Metallschmelzen. Diese haften nicht auf der glatten Oberfläche, sondern perlen wie Wassertropfen von einer Lotusblüte ab. Die Benetzung von keramischen Stoffen durch Schmelzen wird üblicherweise durch die Angabe eines Benetzungswinkels beschrieben. Hierbei wird der Kontaktwinkel eines Schmelzetropfens auf dem Substrat durch Anlegen einer Tangente gemessen. Große Winkel von über 90° bedeuten eine schlechte Benetzbarkeit, kleine Winkel von weniger als 90° dagegen eine gute Benetzbarkeit. Bei einer Temperatur von 900 °C weist Bornitrid einen Benetzungswinkel von 160° auf, was einer sehr schlechten Benetzbarkeit entspricht.

Diese an sich hervorragende Eigenschaft ist aber auch mit einem Nachteil verbunden, denn die mangelnde Benetzbarkeit der plättchenförmigen BN-Partikel beeinflusst auch deren Haftung auf den zu beschichtenden Substraten wie keramische Rinnen, Gießlöffeln, Tiegeln, Kokillen oder Metallformen. Zur Verbesserung der Hafteigenschaften müssen daher zusätzlich feuerfeste Bindemittel eingesetzt werden. Diese Bindemittel überneh-

men in Schichten die Aufgabe, sowohl BN-Partikel untereinander als auch auf dem Substrat zu binden. Bisher wurden als Feuerfestbinder vor allem Schichtsilicate, Monoaluminiumphosphat oder Magnesiumsilicat eingesetzt.

Hohe Haftung durch Nanopartikel

„Die bisher auf dem Markt verfügbaren Binder sind für den Gießereibetrieb nicht ideal“, heißt es bei der ESK Ceramics GmbH & Co. KG in Kempten. Ein wesentlicher Nachteil bestehe darin, dass diese nur zum Auftragen dünner Schichten geeignet seien, da sonst bei schnellen Temperaturwechseln die Gefahr des Abplatzens bestehe. Auf der Suche nach verbesserten Hochtemperaturbindern ist das Unternehmen auf Sol-Gel-Systeme gestoßen, die mit nanoskaligen Partikeln verstärkt werden.

Das inzwischen patentierte Bindersystem, als BN-Schlichte für die Gießereiindustrie EKamold Cast-C (Bilder 1 und 2) genannt, stellt für den Hochtemperaturbereich eine echte Innovation dar. So entfaltet das System im Gegensatz zu traditionellen Bindern ähnlich wie ein Zweikomponentenkleber erst im Zuge einer Wärmebehandlung seine Wirksamkeit, bei der sich eine sowohl hochtemperaturfeste als gleichzeitig auch abriebfeste Schicht ausbildet. Im Vergleich zu auf herkömmlichem Bornitrid basierten Beschichtungen bietet diese Produktinnovation bis-

her unerreichte Standzeiten an bei gleichzeitig einfacher Applikation und geringste Anforderungen an den Untergrund.

Beschichtungen lassen sich reparieren

Auch verarbeitungstechnische Vorteile sprechen für den Einsatz von Bornitrid. So lassen sich BN-Schichten durch Sprühen, Streichen oder Tauchen auftragen. Obwohl BN-Schichten bereits bei wenigen Mikrometern Dicke ihre Schutzwirkung entfalten, sind die neuen BN-Schichten von ESK auch noch bis zu 1 mm Schichtdicke rissfrei auftragbar. Das bedeutet, der Auftrag der Schlichte ist problemlos und erfordert keine Vorkenntnisse. Das Einsatzgebiet der neuen Schlichte erfasst alle Anwendungen, bei denen flüssiges Aluminium verarbeitet wird. Entsprechend erstreckt sich die Palette der Anwendungen von kompakten Aluminiumbarren bis hin zu Aluminium-Autofelgen und -motoren.

Die neuentwickelten BN-Schichten von ESK eröffnen darüber hinaus erstmals auch die Möglichkeit, beschädigte Schichten und Risse in der Unterlage zu reparieren. Während „klassische Schichten“ im Falle einer Beschädigung in einem arbeitsaufwendigen Prozess zunächst entfernt und anschließend neu aufgetragen werden müssen, lassen sich auf diese Weise – beispielsweise ganz einfach mit einem Pinsel – kostengünstig Risse ausbessern.

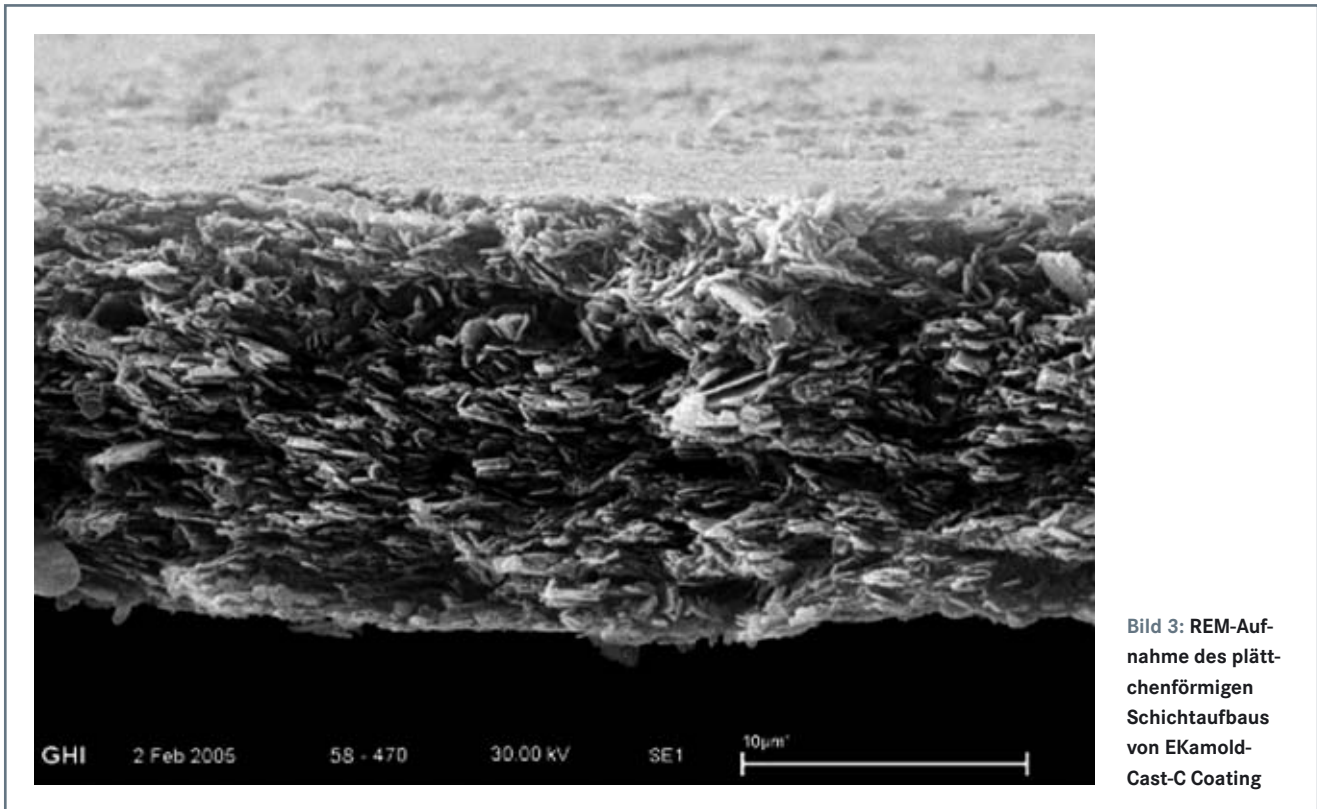


Bild 3: REM-Aufnahme des plättchenförmigen Schichtaufbaus von EKamold-Cast-C Coating

Keine Sedimentation durch Thixotropie

„Klassische BN-Schichten“ haben generell ein Problem der Sedimentation der BN-Feststoffpartikel und müssen sehr sorgfältig aufgerührt werden, um Entmischungen, die eine Änderung der Eigenschaften hervorrufen, zu verhindern. Hier zeigt die neue ESK-Schichte eine weitere Besonderheit, denn die wird bei längerem Stehen zwar fest, lässt sich aber durch Umrühren oder Schütteln leicht wieder verflüssigen – eine physikalische Eigenschaft, die als Thixotropie bezeichnet wird. Alle diese bisher nicht erreichten Möglichkeiten sind für den Anwender von großem Vorteil (Bild 3). Gießereien müssten sich darauf verlassen können, dass die eingesetzten Materialien einwandfrei funktionieren. Seitens der Gießereiindustrie ist das Interesse an den neuen Bornitrid-Schichten sehr groß. So werden die neuen Schichten bei einigen Aluminiumgießereien bereits praktischen Tests unterworfen.

Schichten aus Bornitrid leben länger

Guido Heuts von der niederländischen Firma Ceranex BV., einem Anbieter von hochtemperatur- und chemikalienresistenten Materialien für die produzierende Industrie, hebt die große Abriebfestigkeit der neuen BN-Schichten hervor. Heuts ist in seinem Unternehmen für den Bereich Aluminiumindustrie zuständig und kennt die besonderen Herausforderungen der Bran-

che. „Traditionelle Beschichtungen wurden vom Aluminiumstrom bisher immer mitgerissen, das neue Produkt haftet dagegen viel besser und muss entsprechend weniger oft nachgetragen werden“, erklärt er. Wenn das flüssige Aluminium keine Chance habe, den Untergrund anzugreifen, werde die Lebensdauer der Schichten deutlich vergrößert. Dadurch könnten die Stillstandzeiten erheblich verringert werden. Unter dem Strich bedeute dies für den Aluminiumverarbeiter eine deutlich erhöhte Wirtschaftlichkeit durch Zeitersparnis und Produktivitätsgewinn. Diese verbesserte Eigenschaft dokumentiere sich in den Ergebnissen der Qualitätskontrolle. „Bei den bisher getesteten BN-Schichten haben sich in den Gussstücken im Gegensatz zu traditionellen Materialien wie zum Beispiel Knochenasche bisher keinerlei Rückstände nachweisen lassen“, versichert Heuts.

Sehr flexibel

Ungeachtet ihrer hohen mechanischen Stabilität zeichnen sich die neuen BN-Schichten auch durch ein hohes Maß an Flexibilität aus. Um die scheinbar in Widerspruch befindlichen Werkstoffeigenschaften zu vereinen, wurde den BN-Schichten neben dem Binder noch eine dritte Komponente einverleibt. Bei der ebenfalls patentierten Innovation handelt es sich um einen Zusatz, der den Schichten eine bisher unerreichte Elastizität verleiht. Die Schichten wirken ausgleichend, da sie sich innerhalb gewisser Grenzen ih-

rer Umgebung anpassen und unbeschädigt dehnen und schrumpfen können.

Flexibilität gilt auch für die Haftfestigkeit des Binders bezüglich des zu beschichtenden Untergrundes, der glatt oder porös sein kann. Auch konnte bereits erreicht werden, dass Bornitrid auf Graphit haftet. Diese zusätzliche Eigenschaft sei für Graphitteile von Bedeutung, die in Aluminiumbetrieben zum Einsatz kommen. Dazu gehörten beispielsweise Rotoren für Entgasungsrohre oder mit Bornitrid beschichtete Thermoelementschutzrohre aus Graphit.

Weitere Zusätze befinden sich im Stadium der Entwicklung. „Bornitrid verfügt über eine hohe Wärmeleitfähigkeit, das ist eine für die Aluminiumproduktion kontraproduktive Eigenschaft“, führt Klöpfer weiter aus. So kühle Flüssigaluminium beim Transport über Gießlöffel pro Sekunde um durchschnittlich 1 °C aus, ein Verhalten, das man bisher durch zusätzliches Aufheizen kompensiert. Zurzeit arbeitet ESK an maßgeschneiderten BN-Schichten, die exakt die Bedürfnisse der Aluminium verarbeitenden Industrie treffen sollen. Ziel dieser Arbeiten ist es, über einen weiteren Zusatzstoff ein Bornitrid mit reduzierter Wärmeleitfähigkeit auf den Markt zu bringen.

Christiane Klöpfer (ESK Ceramics GmbH & Co. KG, Deutschland), Dr. Thomas Jüngling (Ceradyne, Inc., Californien/USA)

GIFA 2007, Halle 10, Stand D64

www.esk.com