

Kupferguss und Kupferstrangguss

ESK sticht mit zwei Trümpfen

Klöpfer, C. (1)

Die gegenwärtigen Bewegungen auf dem Metallmarkt zeigen, dass die „Kupferzeit“ längst noch nicht zu Ende ist. Dafür sorgt unter anderem das „China-Syndrom“: Der Hunger des Reichs der Mitte insbesondere nach hochwertigem Elektrokupfer ist so groß, dass die Weltvorräte an Kupferschrott nahezu leergefegt sind. Die Kupfer verarbeitende Industrie ist gut beraten, der dynamischen Entwicklung mit optimierten Produktionstechniken zu begegnen. Mit zwei völlig unterschiedlichen Materialien – Calciumhexaborid und Bornitrid – stellt die Kemptener ESK Ceramics GmbH & Co. KG den Metallurgen neue Werkstoffe beziehungsweise Hilfsmittel zur Verfügung, mit deren Hilfe sich auch bei scheinbar ausgereiften Verfahren wie dem Kupferguss bis dato unbekannte Innovationspotentiale realisieren lassen.

Dank seiner Vielseitigkeit kommen Kupfer und seine Legierungen heute in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens – angefangen vom Münzmetall über die Bauwirtschaft bis hin zur Elektroindustrie – zum Einsatz. Letztere nutzt Kupfer in Form von Kabeln, Leiterseilen, Drähten, Schienen, Bändern sowie anderen Bauteilen. Der Grund für die Vielseitigkeit der Anwendungen besteht in der seltenen Kombination herausragender Eigenschaften wie die sehr gute Leitfähigkeit für elektrischen Strom und Wärme in Verbindung mit einer guten Bearbeitbarkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Da Kupfer ein Halbedelmetall ist, lässt es sich ausgezeichnet recyceln. Kupfer-Raffinerien bevorzugen als Rohstoff Kupferschrott, da sich aus 14 Tonnen Schrott eine Tonne Reinkupfer mit einem Cu-Gehalt von 99,98 % gewinnen lässt, während für die gleiche Menge Reinkupfer rund 200 Tonnen Kupfererz erforderlich wären. Unabhängig davon, ob es sich bei dem Rohstoff um das Erz oder Kupferschrott handelt, ist der erste Raffinationsschritt immer die Elektrolyse. Im Anschluss daran wird dieses so genannte Kathodenkupfer

einem Schmelzprozess unterworfen. Bei diesem Verfahren kommen in der Regel Induktionsöfen zum Einsatz, in denen die Energie mittels eines Induktors oder einer Spule auf das Metall übertragen wird.

Entfernung des Sauerstoffs

Die Herstellung von Elektrokupfer oder Kupferlegierungen für Anwendungen im Bereich der Elektro-

und Elektronikindustrie setzt einen zusätzlichen Veredelungsprozess voraus. So neigt das flüssige Metall dazu, Kristalle auszubilden, welche sich wiederum negativ auf die mechanischen Eigenschaften des Metalls auswirken. Ein weiterer Störfaktor ist der in die offene Schmelze eintretende Sauerstoff. Dieser reagiert mit dem Kupfer zu Kupfer-(I)-Oxid (Cu_2O), welches mit dem flüssigen Metall vollständig mischbar ist und bei 1065 °C ein Eutektikum mit einem Anteil von 3,5 % Cu_2O bildet. Letzteres existiert somit in der Schmelze als flüssige Phase. Wird diese nicht entfernt, dann ruft sie im resultierenden Gussstück eine starke Porosität hervor.

Als traditionelle Hilfsmittel kommen bei der Kupferraffination sowohl Phosphor als auch Lithium zum Einsatz. Beide Elemente sind in der Lage, als Korngrößenbegrenzer einerseits das Wachstum der Kristalle zu unterdrücken, darüber hinaus aber auch als Desoxidantien zu wirken, indem sie das in der Schmelze enthaltene Cu_2O zum Metall reduzieren. Die meisten Kupferraffinerien setzen zur Desoxidation Phosphor in Form einer 15%igen Kupferverlegerung als wirtschaftlich

günstigere Alternative ein, zumal das Handling des reaktiven Lithiummetalls im Gegensatz zur Phosphorlegierung nicht unproblematisch ist. Da Lithium rasch mit Luft und Feuchtigkeit reagiert, wird das Metall für Gießereizwecke in Kupferpatronen verpackt, die zum Ausschluss von Feuchtigkeit unter Verschluss trocken gelagert und vor dem Gebrauch auf über 100 °C erwärmt werden müssen. Der Nachteil des Phosphors besteht wiederum darin, dass bereits geringe Mengen von 0,03 % im Kupfer die Leitfähigkeit des Metalls von 60 $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ auf weniger als 40 $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ senken. Im Falle von Anwendungen, bei denen eine hohe Leitfähigkeit des Kupfers oder seiner Legierungen gefordert ist, scheidet der Einsatz von Phosphor somit aus.

Calciumhexaborid erfüllt sämtliche Anforderungen

Ein ebenso zuverlässiges wie effizientes Desoxidansmittel ist Calciumhexaborid (CaB_6). Dieses entfernt den Sauerstoff aus der Schmelze, indem es das Kupferoxid in eine leicht abtrennbare Kupferboratschlacke der allgemeinen Zusammensetzung $2\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ überführt. Besonderes Plus: Die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers bleibt nach der Behandlung in vollem Umfang erhalten. Da das Hilfsmittel darüber hinaus in der Handhabung völlig unproblematisch ist, stellt es sich insbesondere für die Herstel-

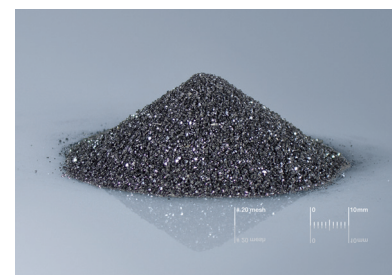


Bild 1: Calciumhexaborid (CaB_6) 20 mesh

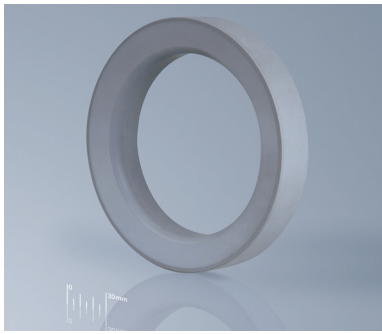


Bild 2: Bornitridkokille

lung von hochleitfähigem Kupfer für die Elektro- und Elektronikindustrie als Material der ersten Wahl dar. Die stark exotherme Reaktion vom CaB_6 mit der oxidhaltigen Schmelze macht eine geeignete Steuerung der Reaktionsgeschwindigkeit erforderlich. So würde ein feines Calciumhexaborid-Pulver an der Oberfläche der Schmelze sehr heftig reagieren, bevor es zu einer gründlichen Durchmischung kommt. Ein geeignetes Steuerelement der Reaktionsgeschwindigkeit ist die Körnung des CaB_6 . Entwickler der ESK Ceramics GmbH & Co. KG haben jetzt ein neues Verfahren für die Herstellung einer optimalen Körnung des Borids entwickelt. Mit Hilfe dieser Technologie wird eine Korngröße von 20 mesh erzielt. Das ist ein Wert, mit dem sich eine auf die Bedürfnisse der Kupferraffination abgestimmte Reaktionsgeschwindigkeit realisieren lässt. Da Calciumhexaborid (CaB_6) als Desoxidans sehr wirksam ist, werden für 100 kg Schmelze maximal 60 g des Hilfsmittels benötigt (siehe Bild 1).

Einsatz auch in großen Öfen

Das Calciumhexaborid wird der Schmelze vorteilhaft in Form eines „Kupfertäschchens“ zugeben. Es ist auch möglich, das Produkt in Kupferrohre abzufüllen und nach dem „Abklemmen“ der Enden in die Schmelze zu überführen. In einigen Anwendungen wird das Borid dagegen mittels einer Art „Taucherglocke“ direkt in die Schmelze gegeben. In allen drei Fällen erfolgt eine ausreichende Durchmischung über die Konvektion innerhalb der Schmelze. Auch in großen Schmelzöfen ab 300 bis 400 kg Füllung beziehungsweise

kontinuierlich arbeitenden Öfen lässt sich Calciumhexaborid neuerdings als wirksame Desoxidans einsetzen. Hierbei wird das CaB_6 in Kupferdrähte gefüllt und kann dadurch kontinuierlich der Schmelze zugeführt werden, ähnlich dem Prinzip der Kornfeinungsdrähte.

Bornitrid eröffnet weitere Innovationspotentiale

Kokillen unterliegen wegen der hohen thermischen und mechanischen Beanspruchung einem starken Verschleiß, gleichzeitig müssen sie eine hervorragende Thermoschockbeständigkeit aufweisen, da in diesem Bereich das flüssige Metall zu einem erstarrten Strang abgekühlt wird. Es gibt nur wenige Materialien, die diese Eigenschaften gleichzeitig erfüllen. Bisher kam Graphit traditionell zum Einsatz, dessen Oxidationsbeständigkeit insbesondere beim Gießen höher schmelzender Kupferlegierungen häufig hart am Limit liegt. Als alternatives Material bietet sich Bornitrid (BN) an, ein Material, bei dem die ESK Ceramics GmbH & Co. KG auf eine langjährige Expertise zurückblicken kann.

In Form des hexagonalen graphitähnlichen Bornitrids, der häufigsten Anwendung, besitzt das Material eine außerordentliche thermische und chemische Beständigkeit. Zugleich verfügt das gut wärmeleitfähige, aber elektrisch isolierende Bornitrid über eine hohe Schmier- und Gleitfähigkeit. Ein weiterer Vorteil von Bornitrid gegenüber Graphit besteht in der Möglichkeit, über Komposite eine Optimierung des Materials erzielen zu können. So lässt sich das von Natur aus relativ weiche Bornitrid mit Hilfe von Zirkonoxid (ZrO_2) oder Siliciumcarbid (SiC) gezielt härten, was beim Graphit theoretisch und praktisch nicht möglich ist. Im Vergleich zum Graphit lässt sich zudem eine um 200 °C höhere Oxidationsbeständigkeit erreichen. Abgesehen davon, werden mit Hilfe von Kompositen auch die Grenzen der mechanischen Belastbarkeit ausgeweitet, was sich wiederum in bis dato nicht erreichten Standzeiten der Bauteile zeigt. Bornitrid wie auch die verschiedenen

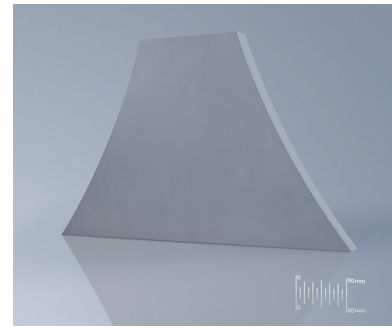


Bild 3: Side-Dam aus Bornitrid

Komposite lassen sich ebenso wie Graphit unproblematisch bearbeiten und können vom Anwender selbst auf die genauen Kokillenmaße angepasst werden. Diese einzigartige Kombination eröffnet ein weites Feld von Anwendungen, bei denen das Material oftmals zur entscheidenden Verbesserung von High-end Produkten beiträgt oder diese erst ermöglicht. Ein Beispiel bietet das Strangpressen im Bereich der Stahl, Edelmetall und Superalloy verarbeitenden Industrie, wo Bornitrid und seine Komposite zu einer entscheidenden Verfahrensverbesserung beigetragen haben (siehe Bild 2).

Erfahrungen aus der Stahlindustrie ermöglichen Kupfer-Dünnguss

In Anlehnung an die Erfahrungen aus der Stahlproduktion erschließt sich für Bornitrid auch ein interessantes und zukunftssträchtiges Einsatzgebiet im Bereich des Kupfer-Dünngusses. Die Stahlindustrie könnte die Dünngusstechnologie ohne Bornitridkomponenten überhaupt nicht durchführen. Kein anderer Werkstoff verfügt über diese hervorragenden Eigenschaften, um als so genannte Side-Dams, zur seitlichen Abdichtung der Walzen eingesetzt werden zu können. Da sich das Material in diesem hoch beanspruchten Bereich hervorragend bewährt hat, wird auch die Kupfer verarbeitende Industrie von diesem Know-how bald profitieren können und damit das Verfahren des Dünngusses überhaupt erst ermöglichen (siehe Bild 3).

(1) Christiane Klöpfer, ESK, Technisches Marketing