

OF-Kupfer für Spezialanwendungen

Schmidt, J. (1)

Kupfer ist ein Werkstoff, der von der Menschheit seit Jahrtausenden verwendet wird. Waren die ersten Kupferwerkzeuge durch die Weichheit des relativ sauberen Metalls nicht sonderlich gut nutzbar, wurde durch die Erfindung der Legierung mit Zinn ein sehr wertvolles Material für die Werkzeugherstellung entdeckt. Die Bronze gab sogar einem ganzen Zeitalter ihren Namen.

Bei aller Bedeutung, die die mittlerweile sehr unterschiedlichen Kupferlegierungen auch heute noch besitzen, wird aktuell auch reines Kupfer immer interessanter für High-Tech-Anwendungen. Ein großer europäischer Produzent von reinen Kupferwerkstoffen aus primären und sekundären Rohstoffen ist die Norddeutsche Affinerie AG mit Firmensitz in Hamburg (Bild 1). Aus Kupferkonzentraten und Kupferschrott werden im ersten Schritt Kupferkathoden hergestellt, die anschließend zu Halbzeugen wie Kupfergießwalzdraht und Stranggussprodukten weiterverarbeitet werden (Bild 2). Der Beitrag stellt in diesem Zusammenhang einige Sonderwerkstoffe der Norddeutschen Affinerie AG, Hamburg auf Basis von OF-Kupfer (oxygen free) vor.

Normenübersicht

Von reinem Kupfer im technischen Sinn wird ab Gehalten von 99,90% gesprochen. Die Norm DIN EN 1976 „Gegossene Rohformen aus Kupfer“ schreibt derartige Mindestgehalte beispielsweise für die phosphorhaltigen Kupfersorten DLP, DHP oder DXP aber auch für die sauerstoffhaltigen Werkstoffe FRHC (fire refined) oder ETP (sauerstoffhaltig) vor. Bereits diese Werkstoffe zeigen die für Kupfer typische gute Korrosionsbeständigkeit sowie bei den sauerstoffhaltigen Werkstoffen auch mit mindestens 100% IACS (58 MS/m) bereits eine sehr gute elektrische

Leitfähigkeit. Damit verbunden ist natürlich auch eine gute thermische Leitfähigkeit und Verformbarkeit, die jedoch in der Norm nicht erfasst ist.

Deutlich sauberer sind beispielsweise

die genormten Werkstoffe Cu-ETP1 sowie Cu-OFE. Beide Werkstoffe müssen aus Kupferkathoden Cu-CATH 1 gemäß DIN EN 1978 (Grade A Kathoden) hergestellt werden. Es ist eine Leitfähigkeit von mindestens 101% IACS (58,58 MS/m) vorgeschrieben, die nur durch eine deutlich höhere Reinheit von 99,99% Kupfer (ggf. einschließlich Sauerstoff) erreicht werden kann.

Bild 3 zeigt eine Übersicht über typische Analysen von ETP1- bzw. OFE-Werkstoffen der Norddeutschen Affinerie AG im Vergleich mit den Anforderungen an Grade A Kathoden.

Cu-OFE – Kupfer in seiner (technisch) reinsten Form?

Dem Bild 4 ist zu entnehmen, dass NA-Cu OFE praktisch eine Reinheit

von mehr als 99,995 % Kupfer aufweist.

Der Anteil an Restverunreinigungen liegt nur noch in der Größenordnung von 50 ppm, was für einen großtechnischen Prozess mit einer Gießkapazität von über 20.000 t pro Jahr eine ständige Herausforderung darstellt.

Die semikontinuierliche Gießanlage ist schematisch in Bild 4 dargestellt. Die Kathoden werden in einem Induktionsofen geschmolzen und in einen zweiten Induktionsofen (Gießofen) überführt. Der Abguss erfolgt chargenweise über eine semikontinuierliche Gießanlage in der vom Kunden gewünschten Form (Billet oder Walzplatte) mit einem Maximalgewicht von über 20 t. Strengster Abschluss vom Luftsauerstoff ist selbstverständlich, um die Beständigkeit gegenüber Wasserstoffkrankung sicherzustellen. Der Sauerstoffgehalt des gegossenen Produktes beträgt in der Regel weniger als 3 ppm.

Dennoch gibt es in der Forschung und Industrie Anforderungen, die deutlich über diese Standardanforderungen an Cu-OFE hinausgehen.

So standen beispielsweise Forderungen nach

■ Reinheit größer 99,999% Kupfer,



Bild 1: Überblick über die Norddeutsche Affinerie (Foto: NA)

- Einhaltung eines Restwiderstandsverhältnisses größer 250
 - Minimale Strahlungsaktivität oder
 - Erfüllung der ASTM F 68 auf der Liste der Kundenwünsche.
- Zur Erfüllung dieser Kundenanforderungen wurden verschiedene Sonderwerkstoffe entwickelt.

OF5N

Kupfer auf OF-Basis mit einer Reinheit von min. 99,999% (5N). Es sind in Summe maximal 14 ppm Verunreinigungen zulässig, was extrem hohe Anforderungen sowohl an das eingesetzte Vormaterial als auch an die Prozessführung und nicht zuletzt an die Analysetechnik stellt. Bei dem gelegentlich angefragten Kupfer mit einer Reinheit von 99,997% ist der Herstellungs- und Prüfaufwand deutlich geringer, liegt aber ebenfalls

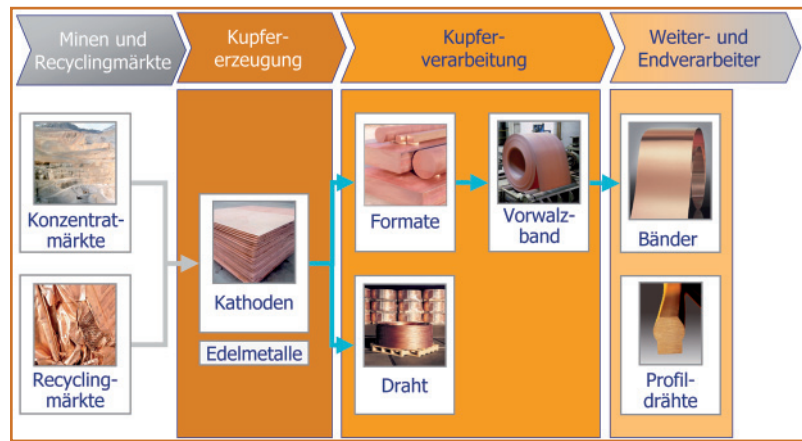


Bild 2: Herstellung von Halbzeugen

über dem bei Standard-OFE Kupfer üblichen Niveau. Einsatzfeld für derartig hochreines Kupfer ist die Herstellung von Sputtertargets. Durch die hohe Reinheit ist auch eine ausgezeichnete Umformbarkeit vorhanden. In der Literatur wird z.B.

die Herstellung von Bonddrähten für die Halbleiterindustrie angegeben. Berichtet wird auch über einen angeblich besseren Klang beim Einsatz von hochreinem Kupfer in hochwertigen Audio-Anlagen, z. B. für Lautsprecherkabel.

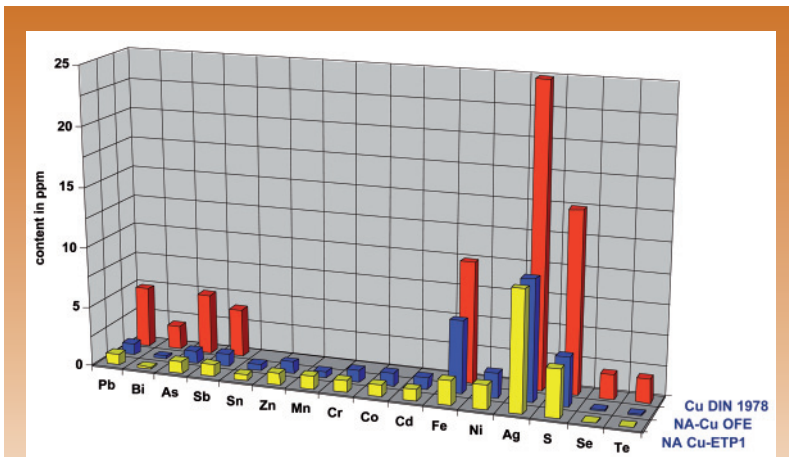


Bild 3: Übersicht über typische Analysen von ETP1- bzw. OFE-Werkstoffen der Norddeutschen Affinerie AG im Vergleich mit den Anforderungen an Grade A Kathoden

OFRR

Eng verbunden mit einer hohen chemischen Reinheit des Kupfers ist eine besonders gute Leitfähigkeit bei tiefen Temperaturen. Eine Messgröße für diese Eigenschaft stellt der RRR-Wert dar (Residual Resistivity Ratio), das Verhältnis von Widerstand bei Raumtemperatur (300 K) zu Widerstand gemessen bei der Temperatur von flüssigem Helium (4 K).

Eingesetzt wird dieser Sonderwerkstoff insbesondere bei der Herstellung von Supraleiter-Kabeln als Matrix um den eigentlichen supraleitenden Kern. Neben der Stabilisierung soll das Kupfer bei einem plötzlich eintretenden Temperaturanstieg die Funktion des elektrischen Leiters übernehmen.

Gefordert werden RRR-Werte größer 250, teilweise noch deutlich darüber. Die Norddeutsche Affinerie AG kann derartige Werkstoffe produzieren und verfügt auch über die Möglichkeit, den RRR-Wert zu messen. Der Kunde erhält im 3.1 Prüfzeugnis das Messergebnis bestätigt.

OFRP

Forschungseinrichtungen benötigen als Abschirmung von Versuchen zur Strahlungsmessung Kupferplatten mit einer möglichst geringen Eigenstrahlung. Die Eigenstrahlung entsteht auf Grund von radioaktiven

Zerfallsreihen, die durch die kosmische Strahlung in Gang gesetzt werden können.

Die Norddeutsche Affinerie AG hat in der Vergangenheit wiederholt europäische Forschungseinrichtungen mit Gussmaterial beliefert, das diesen Anforderungen vollauf genügt.

OFZ1

Für bestimmte Produkte auf OF-Basis wird vom Endkunden die Einhaltung des amerikanischen Standards ASTM F68 am Halbzeug gefordert. Neben Anforderungen an die Korngröße, die insbesondere vom Walzwerk durch eine geeignete Prozessführung sichergestellt werden muss, ist auch

der sogenannte Scalling-Test vom Produkt zu bestehen.

Mit diesem Test wird die Haftfähigkeit des Kupferoxides auf der Kupfermatrix überprüft.

Bedeutung hat dieser Test z. B. für die vakuumdichte Durchführung von elektrischen Leitern durch einen Glaskolben bei der Herstellung von Glühlampen oder Röhren.

Durch eine entsprechende Prozesssteuerung kann die Einhaltung des Scalling-Tests sichergestellt werden, der bestandene Test wird dem Kunden auf dem 3.1 Prüfzeugnis bestätigt.

Zusammenfassung

Beispielhaft werden einige Sonderwerkstoffe der Norddeutschen Affinerie AG (NA) auf Basis von OFE-Kupfer vorgestellt, denen ganz besondere Kundenanforderungen zugrunde liegen.

Die Anforderungen können sehr unterschiedlich sein, gehen aber jeweils deutlich über die Standardanforderungen an Cu-OFE hinaus.

Im Rahmen des technischen Marketings ist die NA bestrebt, spezielle Kundenanforderungen zu erfüllen. Dies trifft auf alle Produkte zu, nicht ausschließlich auf OF-Kupfer.

(1) Dr.-Ing. Jürgen Schmidt, Norddeutsche Affinerie AG, Produkttechnik und Qualität, Hovestr. 50, 20539 Hamburg

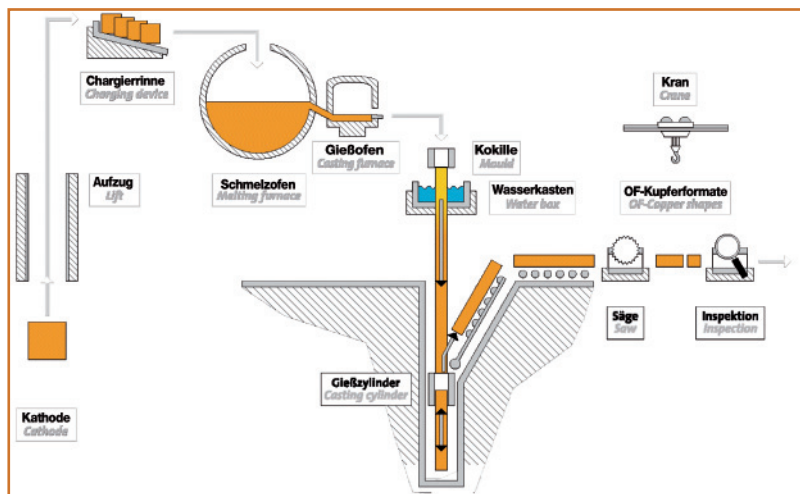


Bild 4: NA-CAST- Semikontinuierliches Gießen von Cu-OFE