

## Hochschul-Kupfersymposium in Dresden

Vom 13. bis 14. November 2006 findet nun bereits zum dritten Mal das Hochschul-Kupfersymposium des Deutschen Kupferinstituts statt, das diesmal in Kooperation mit dem Institut für Prozesstechnik an der Universität Dresden ausgerichtet wird. The-

menschwerpunkte sind in diesem Jahr Automotive, Energiesysteme, Nano- und Oberflächentechnik sowie Verfahrenstechnik. Der praxisorientierte Sockel der Veranstaltung soll die Umsetzung neuer Ergebnisse und den Weg für neue Ausrichtungen in der Forschung

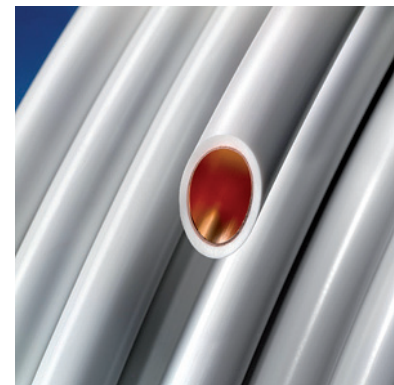
und Entwicklung erleichtern. Ein Highlight der Veranstaltung werden die geplanten Unternehmensbesichtigungen im Raum Dresden sein, die innovative Produktionen und Anwendungen rund um Kupfer zeigen werden. Weitere Informationen: [www.kupferinstitut.de](http://www.kupferinstitut.de)

## Vom 0,15 mm-Steckverbinder bis zur 4,2 m-Gießform: High-Tech-Produkte aus Kupferwerkstoffen

Rode, D. (1)

*Kupfer ist das älteste bekannte Metall der Menschheit. Im Laufe der Zeit, und insbesondere in den letzten Jahrzehnten hat sich eine mitunter stürmische Entwicklung ergeben. Auf der einen Seite haben sowohl die Kupferwerkstoffe mit ihren Legierungen als auch die moderne Mess- und Regeltechnik nutzenden Fertigungseinrichtungen neue Chancen ergeben. Andererseits treiben Anwender und Entwickler mit ihren immer wieder neuen Wünschen und Zielen die Weiterentwicklung der Produkte voran.*

gen, einem der weltweit größten Hersteller von Erzeugnissen aus Kupfer und Kupferlegierungen. In ihren Produkten sind die spezifischen Merkmale der Kupferwerkstoffe in unterschiedlicher Prägung weiterentwickelt und genutzt ([www.kme.com](http://www.kme.com)).



**Bild 2: Kupferrohr Q-tec**

varianten TECU® Brass und TECU® Gold [1].

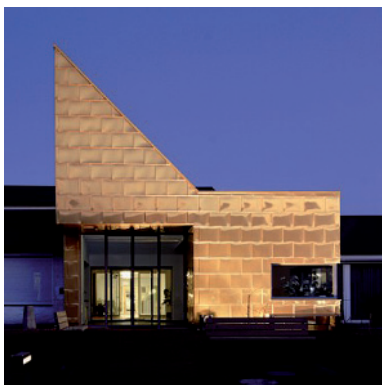
In den letzten Jahren konnte KME mit dem neu geschaffenen Wettbewerb "TECU® Architecture Award" einen Impuls zur Förderung anspruchsvoller architektonischer Lösungen geben; hierüber wurde, auch in METALL, mehrfach berichtet [2].

Eine weitere neue Anwendung ist mit dem kürzlich am Markt eingeführten Kupferrohr "Q-tec" möglich, dessen DVGW-Zulassung inzwischen vorliegt (Bild 2). Es ist durch eine besonders geringe Kupfer-Wanddicke gekennzeichnet; im Gegensatz zu Verbundrohren verbleibt Kupfer als Wasser führender Werkstoff und sichert – wie beim traditionellen

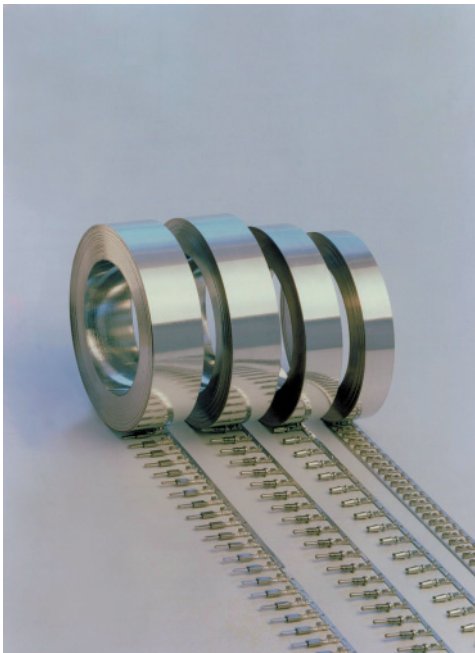
Im Folgenden soll ein kurzer, schlaglichtartiger Abriss einige Entwicklungen aufzeigen; hierbei wird auch auf Produkte der KM Europa Metal AG (KME) eingegan-

### Langlebig und vielseitig, klassisch und modern am Bau

Kupfer wird wegen seiner Langlebigkeit im Bauwesen bevorzugt eingesetzt. Dachdeckungen und Wandbekleidungen erfahren durch eine inzwischen sehr breite Produktpalette immer neue, manchmal auch sehr herausragende Anwendungen (Bild 1). Hierzu gehören in erster Linie Ausführungen in blankem SF-Cu bzw. TECU® Classic von KME. Zunehmend mehr Aufmerksamkeit finden daneben die Produktvarianten mit besonderem Farbspiel, wie das werksseitig voroxidierte TECU® Oxid, das in mechanisch-chemisch-thermischem Zeitraffer erzeugte TECU® Patina oder auch die Legierungs-



**Bild 1: Anwendungsbeispiel von TECU Gold (alle Fotos: KME)**



**Bild 3: Kontakte aus der Produktion des Stolberger Metallwerks**

SANCO®-Rohr - eine hygienisch einwandfreie Wasserversorgung. Gleichzeitig ist auch eine diffusionsdichte Ausführung sichergestellt; gute Stabilität wird durch eine fest verklebte Polyethylen-Ummantelung erreicht, die ein geringes Gewicht und hervorragende Biegsbarkeit ermöglicht [3].

Eine zurzeit noch zu wenig genutzte Eigenschaft - abgesehen von o. g. Anwendungen in Trinkwasser-Installationen - ist die bereits seit der Antike bekannte bakteriostatische Wirkung von Kupfer. Hier bietet sich nach neuesten Forschungen die Chance, in einer vermehrt zusammenwachsenden Welt Übertragungsrisiken für Krankheiten mit Kupferoberflächen deutlich zu mindern.

### Kontakte sind oft das Entscheidende

(Zinn-) Bronzen stellen das älteste Gebrauchsmetall der Menschheit dar; und dennoch können moderne CuSn-Legierungen mit 4 bzw. 6 und 8 % Sn erst in jüngerer Zeit zielgenau eingesetzt werden. Neben den "traditionellen" Messing-Werkstoffen - bis etwa 40 % Zn - hat die Entwicklung zusätzlich eine Reihe hochwertiger

Legierungen für elektrische Anwendungen und als Kontakte hervorgebracht.

Hierzu gehören die niedrig legierten kalt verfestigenden Knetwerkstoffe mit CuAg 0,1; CuMg0,4; CuTeP. Daneben haben sich für höhere Ansprüche aushärtbare Kupferlegierungen etabliert, die z. B. auf Basis CuNiSi, CuCrZr und CuCoBe für Schalter, als Widerstands-Schweißelektroden und für Kontakte eingesetzt werden.

Die Legierungen des Stolberger Metallwerks können in ihren zahlreichen Varianten als STOL® 76 bis zum STOL® 94 (Bild 3) dann je nach Anwendungsfall die unterschiedlichsten Anforderungen erfüllen: elektrische Leitfähigkeit, Federeigenschaften, Relaxationsverhalten, Erweichungs-/Dauerverwendungs-Temperatur, Korrosionsbeständigkeit, Stanzbarkeit, Schweiß- und Lötbarkeit sowie Galvanisierbarkeit [4]. Dabei wird die Bedeutung dieser Kleinstprodukte als Konnektor mit z. T. nur 0,15 mm Wanddicke erst dann bewusst, wenn man sich durchschnittlich 3000 Steckverbinder in einem modernen Fahrzeug deutscher Fertigung vergegenwärtigt.

Produktoptimierungen werden in KME nicht nur durch stetige Modernisierung der Gießverfahren und Fertigungsparameter mit angepassten Schritten beim Homogenisierungsglühen, Kaltwalzen und in der Aushärtung erreicht. Darüber hinaus sind auch grundsätzliche Werkstoffuntersuchungen in Arbeit, die einen umfassenderen Einblick in die Ausscheidungsvorgänge bei CuNi2Si-Legierungen ermöglichen sollen. Dieser, bereits 1927 von M. Corson erörterte Werkstoff, wird in einem zurzeit laufenden Forschungsvorhaben [5] insbesondere mit Blick auf die Kinetik der Ausscheidungsreaktionen und den Einfluss der technologischen Fertigungsparameter untersucht. Ziel ist dabei eine - im TEM nachzuvollziehende - möglichst homogene Verteilung feiner Nickel-Silizid-Ausscheidungen. Damit sollen dann möglichst hohe Festigkeiten im Bereich  $R_p \geq 620$  und  $R_m \geq 680$  MPa bei gleichzeitig hoher elektrischer Leitfähigkeit  $\geq 20$  MS/m erreicht

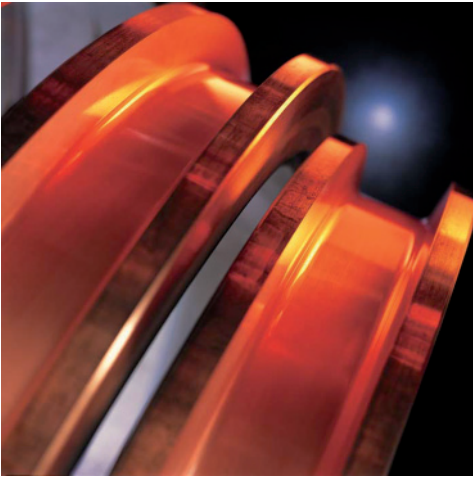
werden, wobei als wichtiges Kriterium eine geringe Relaxation im Temperaturbereich bis etwa 200 °C angestrebt wird.

Hierbei spielen möglicherweise aus den Walzumformungen resultierende Texturen und Versetzungsanordnungen eine größere Rolle, die im Vergleich zur Härteentwicklung durch fein verteilte Ni2Si-Ausscheidungen zu sehen sind.

Erst spezifische Beschichtungen vervollständigen den technologischen Charakter der Legierungsbänder und erbringen die entscheidenden Voraussetzungen zur Erfüllung folgender Anforderungen: für Oxidationsschutz, eine elektrisch leitende Kontaktschicht, niedrige Steck- und Ziehkräfte bei Mehrfachmontage - mit erforderlichem Schmierungs-effekt bei Abriebfestigkeit - sowie Lötbarkeit und auch Temperaturbeständigkeit im Einsatz. In [6] werden charakteristische Eigenschaften von marktrelevanten Schichten im Bereich 0,7...13 µm gegenübergestellt und bewertet; hier sind Feuerverzinnen, Zinn-Silber-Schichten, intermetallische Phasen sowie galvanische Zinn- und Silber-Schichten berücksichtigt. Hinweise auf neuartige Oberflächen mit Dispersionsschichten und Nanopartikeln belegen die laufende Entwicklung.

### Korrosionsbeständig, auch auf den Meeren

In der chemischen petro-chemischen Industrie und im Schiffbau bzw. dem Offshore-Bereich bestehen besondere Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit. Rohrbündel OSNALINE® [7] sind seit über 50 Jahren insbesondere als individuell konfigurierte Produkte im Einsatz; sie werden in pneumatischen/hydraulischen Systemen, in Mess- und Analysesystemen sowie in Wirkdruck- und Differenzdruckleitungen eingesetzt. Als Werkstoffe werden Kupfer, Kupfer-Nickel und Edelstahl verwendet, Kunststoffe dienen zumeist als Ummantelung; Wärmedämmung und elektrische Begleitheizung im Rohrbündel stellen dann in kilometerlangen Ausführungen die volle Funktionstüchtigkeit



**Bild 4: Gießrad für das kontinuierliche Gießen von Kupferhalbzeug**

keit, auch über große Entfernungen, sicher.

Kupfer-Nickel 90/10 mit Fe und Mn wird wegen seiner Beständigkeit gegen Meerwasser bevorzugt, auch im Vergleich zu Superduplex-Stählen, für Prozess-/Kühlwasser und Feuerlöschleitungen auf Schiffen und Offshore-Plattformen sowie für LNG-Terminals eingesetzt. Mehrjährige Langzeituntersuchungen mit Rohren OSNA®-10 in der Nordsee umfassten stagnierende Beanspruchung und solche durch fließendes Wasser [8]. Die Bewertung zeigte bezüglich des erosiven Angriffs verbesserte Materialeigenschaften, die durch spezifisch angepasste Wärmebehandlungen erreicht werden konnten; maßgeblich sind hier Fe-Ausscheidungen. Die Einsatzgrenzen ließen sich auf höhere Wassergeschwindigkeiten erweitern, ohne die Erosionsresistenz zu gefährden.

### Mitlaufende Gießformen

Gießprozesse zur NE-Metall-Produktion verwenden schon seit den 50er Jahren mitlaufende Kokillen. Beim Bandguss insbesondere von Zink sowie bei der Produktion von Aluminium- und Kupferdraht [9] sind zwei Verfahren etabliert. Zum einen ist das Gießen zwischen zwei leicht schräg umlaufende Stahlbänder mit beidseitigen Ketten aus Kupferblöcken zu nennen; diese beim Hazelett-

Prozess eingesetzten damblocks sind aus OSNISIL® G - auf Basis CuNiSi - gefertigt, sie bieten bei mittlerer Leitfähigkeit von 185 W/(m·K) eine hohe Härte (200 HV) sowie eine vorzügliche Thermoschockbeständigkeit. Beim Gießradverfahren (nach Continuus Properzi, Southwire) deckt das auf etwa halbem Umfang eines Gießrads mitlaufende Stahlband den bis ca. 80 cm<sup>2</sup> großen Formhohlraum bzw. Gießquerschnitt ab (Bild 4). Die zum thermischen Schutz innen berußten oder beölten Gießräder unterliegen infolge der intensiven zyklischen Wasserkühlung einer sehr hohen thermischen Wechselbeanspruchung, woraus bei korrektem Betrieb der Anlagen typischerweise reine Ermüdungsrisse resultieren. Sie begrenzen letztendlich trotz mehrfacher Nacharbeit die Standzeit der Gießräder. In den letzten Jahren erfolgte bei KME eine kontinuierliche Optimierung der Fertigungsparameter, um beginnend mit großen Stranggussblöcken - bis > 700 mm Durchmesser - und thermomechanischen Behandlungen eine feinkörnige Gefügestruktur mit bestwirksamen Ausscheidungen der CuCrZr- oder CuCo/NiBe-Werkstoffe (ELBRODUR®) zu erreichen. Ein jüngst gefertigtes Gießrad von ca. 4,2 m Durchmesser stellt einen neuen Größenrekord dar und ermöglicht eine weiter gesteigerte Produktivität in der Aluminiumfertigung.

In einem Folgebeitrag wird auch auf die besondere Bedeutung von Kupfergießformen in der Stahlindustrie eingegangen.

### Literatur

- [1] B. Lehmann: "Kupfer und Kupferlegierungen in der Architektur". Internationale Fachzeitschrift METALL, 59. Jahrgang 11/2005, S. 701-702
  - [2] N.N.: "TECU® Architecture Award - KM Europa Metal AG prämiiert Architektur mit Kupfer", Internationale Fachzeitschrift METALL, 60. Jahrgang 6/2006, S. 344-345
  - [3] N.N.: "Q-tec: die Zukunft des Kupferrohrs?", Interview Zeitschrift IKZ-Haus-technik, Heft 1//2006, S. 36-38
  - [4] J. Kinder, J. Fischer-Bühner: "Ausscheidungsuntersuchungen an härtesten und hochleitfähigen CuNi2Si-Legierungen", Hochschul-Kupfer-Symposium 21./22.11.2005, RWTH-Aachen und Internationale Fachzeitschrift METALL, 59. Jahrgang 11/2005, S. 722-727
  - [5] A. Rumbach: "Steckverbinder aus Kupferlegierungen für den Einsatz im Automobilbau", Fachzeitschrift Erzmetall 56 (2003) Nr. 6/7, S. 350-353
  - [6] U. Adler: "Moderne Beschichtungsverfahren für Kupfer", Hochschul-Kupfer-Symposium 21./22.11.2005, RWTH-Aachen und Internationale Fachzeitschrift METALL 59. Jahrgang 11/2005, S. 703-705
  - [7] KM Europa Metal AG, Special Products, Geschäftseinheit Rohrbündel: "OSNA-LINE® - Rohre und Rohrbündel"
  - [8] W. Beckmann, M. Hecht, M. Jasner, K. Steinkamp: "CuNi 90/10 Piping, the Optimum Material for Seawater Service", Fabrication Technology / Corrosion 2001, Institute of Materials, Kuala Lumpur, Malaysia, October 2001
  - [9] D. Rode: "Casting with Moving Moulds - an Overview", IWCC Technical Seminar, Denizli, Turkey, October 2003
- (1) *Dr.-Ing. Dirk Rode, Leiter Forschung und Entwicklung, KM Europa Metal AG, Klosterstraße 29, 49074 Osnabrück*