

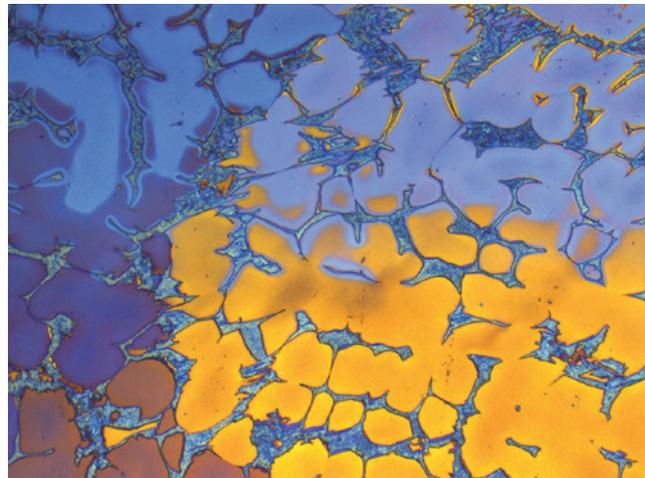
Metallografische Präparation von Kupfer und Kupferlegierungen

Kupfer gehört neben Gold und Zinn zu einem der ersten Metalle die von Menschen bearbeitet wurden. Wegen seiner guten Verformbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und der ansprechenden rötlichen Farbe wurde es ursprünglich für Waffen, Schmuck, liturgische Gefäße und Alltagsgegenstände verwendet.

Gediegenes Kupfer war schon ca. 9000 v. Chr. bekannt und wurde weiträumig ab 5000 v. Chr. verwendet. Nachdem die Vorteile der Kupfer-Zinn Legierung entdeckt wurden trug diese in der „Bronzezeit“ zu einer tief greifenden kulturellen und wirtschaftlichen Entwicklung im Mittelmeerraum und Europa bei.

Während der Bronzeguss eine lange Geschichte aufweist, wurde das Warmwalzen und Strangpressen von Knetlegierungen erst nach dem ersten Weltkrieg eingeführt. Heute besteht ein großer Teil der Kupferproduktion aus Knetlegierungen und wird wegen der guten elektrischen Leitfähigkeit des Kupfers für Leitungen, und im Schalter-, Transformatoren-, Motoren-, Generatorenbau verwendet. Sauerstofffreies Kupfer kommt besonders in der Elektronikindustrie zum Einsatz.

Die Korrosionsbeständigkeit und hohe Wärmeleitfähigkeit macht Kupfer geeignet für Rohre, Kessel und Wärmetauscher in der chemischen, Nahrungsmit-



Aluminiumbronze, CuAl8, zeigt dendritisches Gefüge mit α - β Eutektikum. Farbgeätzt nach Klemm, pol. Licht, 100x.

tel- und Getränkeindustrie. Neben der traditionellen Verwendung von Kupfer für Wasser- und Heizungsrohre, haben Architekten in den letzten Jahren die attraktive Gestaltung von Fassaden mit patinierten Kupferflächen entdeckt.

Die Metallografie von Kupfer und seinen Legierungen wird zur Korngrößenbestimmung und zur Überprüfung der Reinheit durch Bestimmung von Kupferoxid angewandt. In Messing wird z.T. die Bleiverteilung beurteilt, da sie Einfluss auf die spanabhebende Bearbeitung hat. Guss wird auf Lunker/Porosität und Mikrogefüge untersucht, z.B. Form und Verteilung von Eutektika und Blei.



Schwierigkeiten während der metallografischen Präparation

Reines Kupfer ist weich und zäh, verformt leicht und neigt zu Kratzerbildung.

Auch Bronzen und härtere Messingsorten zeigen zum Teil starke Kratzerbildung.

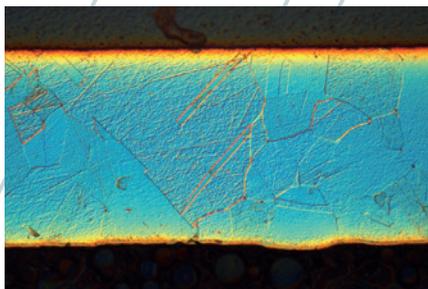


Abb. 1: Reinkupferdraht endpoliert mit OP-S, DIC, 200x.

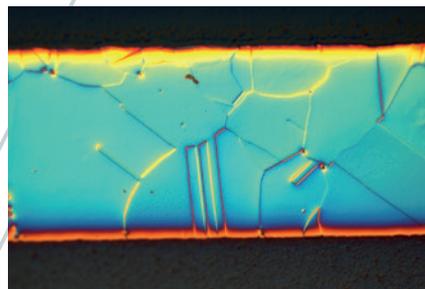


Abb. 2: Gleiche Probe wie Abb.1 endpoliert mit OP-S-Ammoniak-Wasserstoffperoxid-Mischung, DIC, 200x

Lösung

- Vermeidung von groben Schleifmitteln
- Sorgfältiges Diamantpolieren auf weichen Tüchern
- Chemisch - mechanisches Endpolieren

Produktion und Anwendung



Abb. 3:
Elektrolytische
Raffinationsanlage.

Kupfer
vom Rohstoff zum Elektrolyt-Kupfer

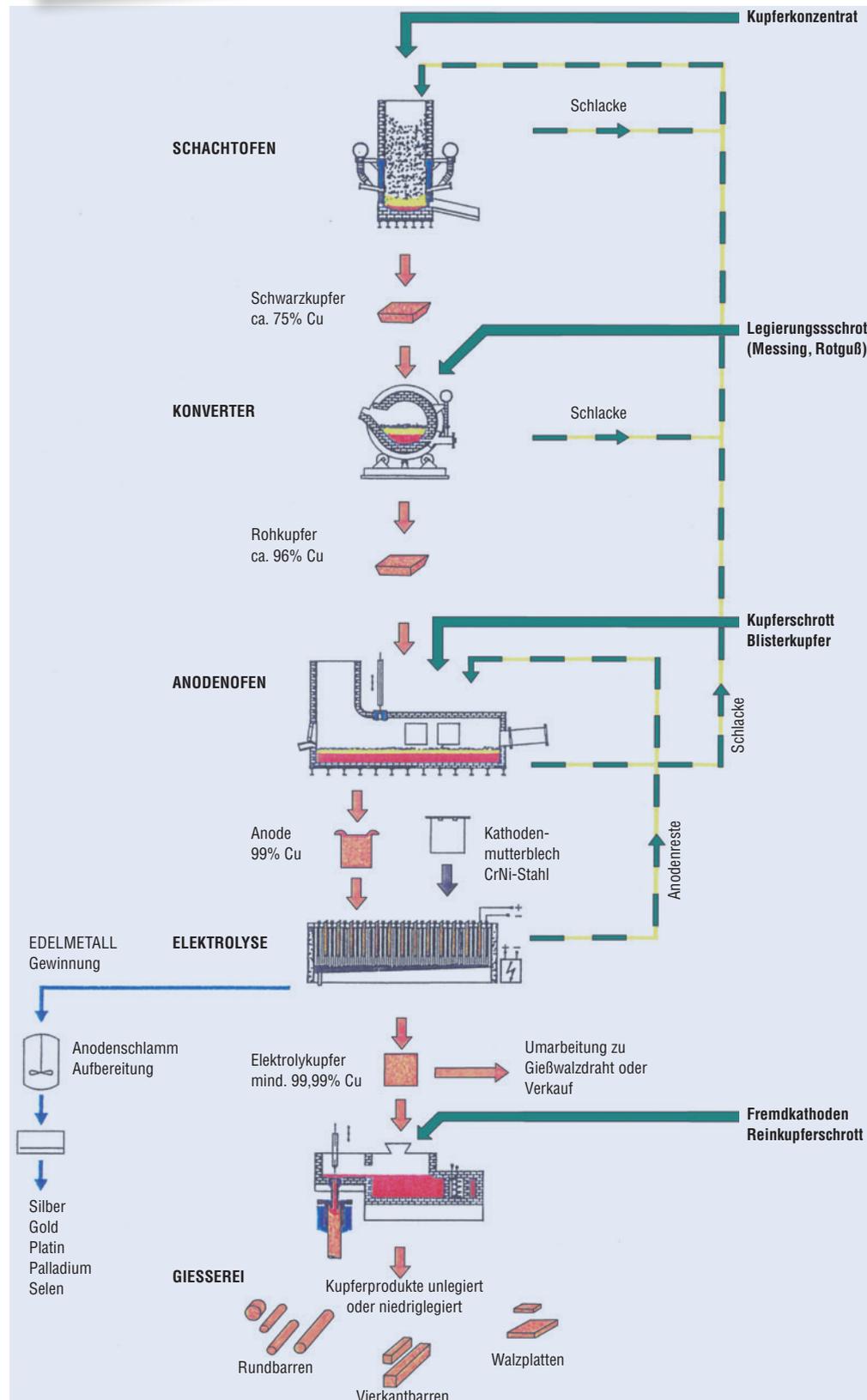
Kupfer kommt in der Natur zwar gediegen vor wird aber hauptsächlich aus sulfidischen Erzen in einem schmelzmetallurgischen Prozess gewonnen. Ein geringer Teil des Kupfers wird auch nassmetallurgisch erzeugt. Die Kupfergewinnung erfolgt in vier Schritten die im Folgenden kurz beschrieben werden.

1. Kupferstein (Schwarzkupfer), 75% Cu:
Bei der schmelzmetallurgischen Gewinnung werden Kupferkonzentrate, hauptsächlich Kupferkies (CuFeS_2), geröstet und mit Zugschlägen im Schachtofen zu Kupferstein geschmolzen. Kupferstein ist ein Gemisch aus Kupfersulfid und Eisensulfid und enthält ca. 75% Kupfer.

2. Rohkupfer (Blisterkupfer), 96-98% Cu:
Durch Zufuhr von Luft wird schmelzflüssiger Kupferstein im Konverter oxidiert und das daraus erzeugte Rohkupfer enthält ca. 96-98% Kupfer.

3. Anodenkupfer, 99% Cu:
Die Feuer-Raffination des Rohkupfers erfolgt im Flamm- oder Anodenofen. Das Rohkupfer wird mit Kupferschrott und Anodenresten geschmolzen. In der Oxidationsperiode wird durch Flammen bei Luftüberschuss das Kupfer auf einen hohen Sauerstoffgehalt gebracht. Dadurch oxidieren die Verunreinigungen und werden als Schlacke abgeführt. Der überschüssige Sauerstoffgehalt des Kupfers muss anschließend durch „Polen“ auf unter 0,1% gesenkt werden, da das Kupferoxid das Kupfer versprödet. Beim Polen wird durch Einblasen von Gas das Kupferoxid unter Bildung von Wasserdampf und Kohlendioxid zu Kupfer reduziert. Anodenkupfer enthält 99% Kupfer. (Der Ausdruck „Anodenkupfer“ bezieht sich auf in diesem Ofen erzeugtes Kupfer, welches zu Anodenplatten vergossen wird, die anschließend zur elektrolytischen Raffination verwendet werden).

4. Elektrolytkupfer (Kathodenkupfer), 99,99% Cu:
Anodenkupfer ist noch mit den Begleitmetallen Ni, Pb, Ag, Pd, Pt, Au verunreinigt. Durch Elektrolyse wird hochreines Kathodenkupfer erzeugt, dabei werden die Begleitmetalle im Anodenschlamm abgesondert und zurückgewonnen. Als Elektrolyt dient eine wässrige schwefelsaure Kupfersulfatlösung. Durch Anlegen von Gleichstrom wird das Anodenkupfer oxidiert, die Anode aufgelöst, und das



Vereinfachtes schematisches
Diagramm der Kupferproduktion.



Abb. 4:
Zirkulations-Regulierventil für
Trinkwasserverteilung



Abb. 5: Kupfer mit roten Kupferoxideinschlüssen,
Dunkelfeld, 500x.

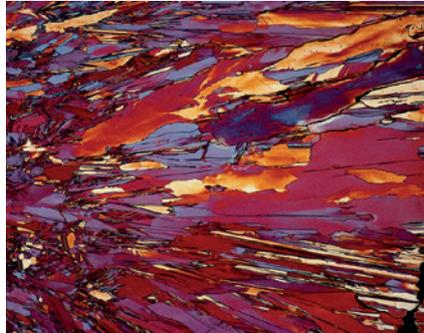


Abb. 7: Kathodenkupfer, geätzt nach Klemm, 100x.



Abb. 6: Sauerstofffreies Kupfer, geätzt mit
Ammoniumpersulfat, 100x.

reine Kupfer auf dünnen Kathoden-Startblechen aus Elektrolytkupfer oder Dauerkathoden aus Edelstahl abgeschieden, von denen es auf relativ einfachem mechanischem Weg wieder getrennt wird.

Die so gewonnen Kathodenplatten werden mit 50% Reinkupferschrott eingeschmolzen, zu Platten, Rund- und Vierkantbarren vergossen, und anschließend zu Blechen, Rohren, Draht und zu Guss weiterverarbeitet. (Fast die Hälfte des Kupferbedarfs wird heute aus Kupferschrott und Recyclekupfer gedeckt)

Mit zunehmendem Reinheitsgrad erhöhen sich die elektrische und thermische Leitfähigkeit und der Preis des Kupfers. Daher richtet sich die Verwendung von reinem Kupfer nach der Anwendung des Produkts. OFE Kupfer (Oxygen Free for Electronics) wird wegen seiner hervorragenden Eigenschaften als Grundmaterial für Halbleiter, Schalter und Dichtringe in der Vakuumtechnik und für Elektronenröhren eingesetzt (Abb. 6). Der größte Teil des Kupfers wird im Bausektor für Fassaden, Dächer, Trinkwasser- und Heizungsinstallationen verwendet, und in der Elektroindustrie für Motorenwicklungen, Spulen, Generatoren und Stromleitsysteme. Zusätzliche Anwendungen gibt es in der Kälte- und Klimatechnik, der chemischen Industrie und der Getränke- und Brauereitechnik.



Fassade der Dänischen Botschaft, Berlin, mit oxidierten
Kupferplatten verkleidet.

Courtesy: Danish Foreign Ministry.

Kupferlegierungen

Es gibt eine Vielzahl von Kupferlegierungen wobei Zink (Messing) und Zinn (Bronze) die wichtigsten Legierungselemente sind. Im Folgenden sollen nur einige der wichtigsten dieser Legierungen und ihre Verwendung kurz beschrieben werden.

Messing sind Kupferlegierungen mit 5 - 45% Zink. Kupfer hat für Zink eine hohe Löslichkeit und die Legierungen sind sehr homogen. Messing mit weniger als 28% Zink wird als Tombak bezeichnet und eignet sich besonders zur spanlosen Verformung. Mit zunehmendem Zinkgehalt geht die rötliche Farbe des Kupfers in das Gelb des Messings über. Legierungen bis zu 37% Zink bestehen aus α - Mischkristall und eignen sich gut zum Kaltumformen (Abb.10). Mit steigendem Zinkanteil wird Messing härter und lässt sich besser spanabhebend bearbeiten. Ab 38% Zink entsteht zweiphasiges α - β Messing das zur Warmumformung geeignet ist (Abb.12). Durch Zulegieren von Aluminium, Mangan, Eisen Nickel und Zinn werden sogenannte Sondermessingarten produziert die spezifische chemische oder mechanische Eigenschaften aufweisen. Zulegieren von geringen Mengen von Blei erhöhen die Zerspanbarkeit von Messing (Abb.11).

Je nach Zinkanteil wird Messing in den unterschiedlichsten Bereichen verwendet: von der Uhren- und Schmuckindustrie und Elektrotechnik (CuZn5), über Federn, Schrauben, Bolzen, Gesenkschmiedeteile (CuZn30) bis zu Armaturen (CuZn40) und Lager für meereswasserbeständige Pumpengehäuse (CuZn10Sn2).



Abb. 8: Wälz- und Kugellagerkäfige aus Messing.



Abb. 9:
Rohre und Profile aus
Bronzeknetlegierung.

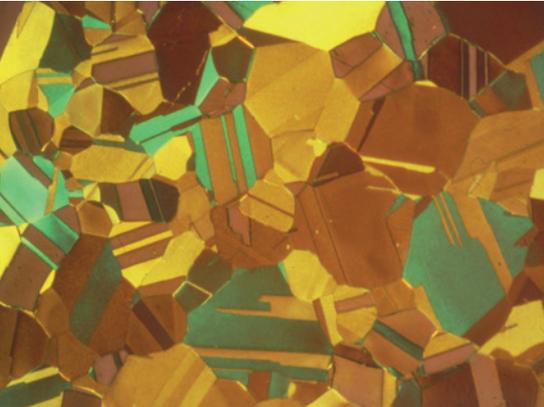


Abb.10: α -Messing farbgeätzt, 200x.

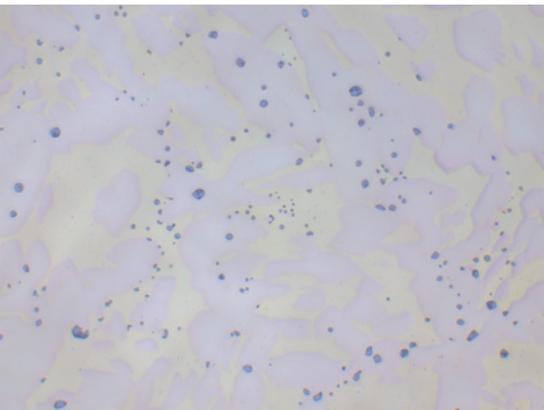


Abb.11: α - β - Messingguss (CuZn40Pb2) mit grauen
Bleieinschlüssen, ungeätzt, 500x.

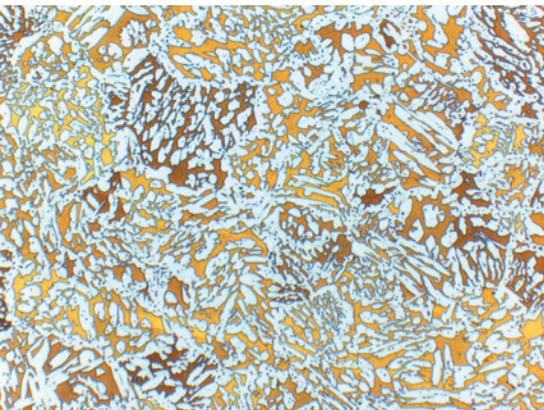


Abb.12: α - β - Messingguss, geätzt nach Klemm,
helle α -Mischkristalle in dunkler Grundmasse aus
 β -Mischkristallen, 100x.

Bronzen sind Kupfer-Zinn-Legierungen die nach Zusammensetzung und Verarbeitungen in Knetlegierungen mit bis zu 8,5% Zinn, und Gusslegierungen mit normalerweise zwischen 9-12% Zinn, aber auch bis zu 20% Zinn für Glockenguss unterteilt werden.

Je nach gewünschten Eigenschaften werden den Knetlegierungen noch geringe Mengen von Zink und Phosphor zulegiert, z. B. für Lager, und den Gusslegierungen noch zusätzlich Blei, Nickel und Eisen. Diese Legierungen werden als Mehrstoffbronzen bezeichnet.

Cu-Sn-Zn-Legierungen werden als Rotguss bezeichnet, haben gute Gleit- und Notlauf Eigenschaften und werden u.a. für Gleitlager und Schneckenräder verwendet.

Kupfer-Aluminium-Legierungen mit bis zu 11% Aluminium zeichnen sich durch hohe Festigkeit bei hohen Temperaturen und gute Korrosionsbeständigkeit aus. Sie sind geeignet für Schiffsschrauben, hochbelastete Pumpen- und Wasserturbinenlaufräder, Lager und Bauteile in der chemischen Industrie. Kupfer-Aluminium Knetlegierungen werden im Maschinen- und Apparatebau eingesetzt. Berylliumbronze hat eine erhöhte Festigkeit und Härte und die besondere Eigenschaft, dass sie bei stoßender und schlagender Berührung mit anderen Metallen keine Funken erzeugt. Sie eignet sich deshalb für Werkzeuge in explosionsgefährdeter Umgebung wie Raffinerien.

Kupfer-Nickel-Legierungen werden wegen ihrer guten Korrosionsbeständigkeit in Meerwasserentsalzungsanlagen eingesetzt, als Münzmetall, und u.a. für Heizdrähte in Toaster und Fön. Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen (Neusilber) sind bei hoher Festigkeit gut verformbar und korrosionsbeständig. Anwendungsbereiche sind chirurgische Instrumente, die Lebensmittelindustrie, Grundmaterial für versilberte Bestecke, Kontakte in Steckverbindungen und Schmuck.



Abb.13: Pumpengehäuse aus Bronzeguss.



Abb.14: Laufbuchsen aus Bronzeknetlegierung mit Graphit.

Schwierigkeiten bei der Präparation von Kupfer und Kupferlegierungen

Mit zunehmendem Reinheitsgrad wird Kupfer weicher und somit anfälliger für mechanische Verformung und Kratzer. Für die Präparation hat dies zur Folge, dass hochreine Kupfersorten während des Schleifens schon tief verformt werden und sich Schleifkörper in die Schliffoberfläche eindrücken können, ebenso wie Diamantkörner beim nachfolgenden Polieren. Kupferlegierungen sind härter, neigen aber zum Teil auch stark zur Kratzerbildung, die bei manchen Bronzen sogar nur einzelne Körner betrifft.

Empfehlungen für die Präparation von Kupfer und Kupferlegierungen

Zum **Trennen** von Kupfer verwendet man eine harte Siliziumkarbid Trennscheibe die generell für Nichteisenmetalle geeignet ist. Als **Einbettmittel** reicht in den meisten Fällen ein Phenolharz aus.



CitoPress
Warmeinbettpresse.

Mechanische Präparation

Reines Kupfer und niedrig legierte Kupfersorten

Schleifen

Stufe	PG	FG 1	FG 2	FG 3
Unterlage	Foil/Paper	Foil/Paper	Foil/Paper	Foil/Paper
Abrasive	Typ	SiC	SiC	SiC
	Große	#500	#800	#1200
Suspension/Schmiermittel	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
U/Min	300	300	300	300
Force (N)/specimen	25	25	25	25
Time (min)	As needed	1	1	1

Polishing

Stufe	DP	OP	*Tuch mit Wasser befeuchten, ohne Poliermittel mit einigen Tropfen der Ätzlösung polieren.
Unterlage	MD-Mol	MD-Chem	
Abrasive	Typ	Diamond	
	Große	3 µm	
Suspension/Schmiermittel	DiaPro Mol R 3	Iron (III) nitrate*	
U/Min	150	150	
Kraft (N)	25	15	
Zeit	4 Min.	1 Min.	

Kupferlegierungen

Schleifen

Stufe	PG	FG
Unterlage	Foil/Paper	MD-Largo
Abrasive	Typ	SiC
	Große	#220 or #320
Suspension / Lubricant	Wasser	DiaPro Allegro/Largo 9
U/Min	300	150
Kraft (N)	30	30
Zeit	As needed	4 min.

Polieren

Stufe	DP	OP
Unterlage	MD-Mol*	MD-Chem
Abrasive	Typ	Diamond
	Große	3 µm
Suspension / Schmiermittel	DiaPro Mol R 3	OP-S NonDry**
U/Min	150	150
Kraft (N)	25	15
Zeit	3 Min.	1-2 Min.

*Alternative MD-Dac

** 96 ml OP-S, 2 ml Ammoniak (25%), 2 ml Wasserstoffperoxid (3%)

mit SiC-Papier bis mindestens Körnung 2400. Gusslegierungen eignen sich wegen der Vielfalt der unterschiedlichen Phasen nicht zum elektrolytischen Polieren.

Elektrolyt:	D2
Maske:	0,5 cm ²
Spannung:	24 V
Fließrate:	10
Zeit:	20 Sek.

Direkt anschließend kann die Probe mit dem gleichen Elektrolyt für 4 Sekunden mit 2-4 V geätzt werden.

Mechanisches Schleifen und Polieren

Um die Verformung während des Schleifens so gering wie möglich zu halten wird empfohlen, grundsätzlich das Planschleifen mit der feinst möglichen Körnung zu beginnen. Dabei müssen Härte, Größe und Menge der Schliife in Betracht gezogen werden. Doch selbst bei größeren Proben aus reinem Kupfer reicht meistens Körnung 500 zum Planschleifen schon aus. Große Proben aus Gussteilen kann man mit Körnung 220 oder 320 schleifen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Anpressdruck ebenfalls sehr niedrig sein sollte. Dadurch werden tiefe Verformungen verhindert.

Das Diamantpolieren muss so lange durchgeführt werden bis alle Verformung und eventuell eingedrückte Körner verschwunden sind. Das chemisch-mechanische Endpolieren mit Siliziumoxid ist besonders wichtig, da damit eine relativ kratzerfreie Oberfläche erzielt wird (Siehe Abb.1 und 2).

Bei reinen Kupfersorten hat sich das Endpolieren mit Eisennitrat gut bewährt, bei Kupferlegierungen eine Mischung aus OP-S Suspension, Wasserstoffperoxyd und Ammoniak (Zusammensetzung siehe in nebenstehendem Präparationsvorschlag). Es empfiehlt sich zunächst 1 Minute zu polieren und dann das Ergebnis im Mikroskop zu prüfen. Falls notwendig nochmals 1 Minute polieren und erneut prüfen. Dieses Polieren mit der OP-S-Ätzmittel-Mischung kann so lange wiederholt werden, bis die gewünschte Schliffqualität erzielt ist. Ist der Ätzangriff zu stark kann die Mischung mit Wasser verdünnt werden.

(Ca. 30 Sekunden vor Ende des Poliervorgangs lässt man Wasser auf das Poliertuch laufen und spült damit den Schliff und das Poliertuch ab. Danach die Probe unter fließendem Wasser nochmals gründlich reinigen und anschließend trocknen.)

Die nebenstehenden Angaben beziehen sich auf das automatische Polieren von 6 eingebetteten Proben, 30 mm, in einem Halter eingespannt.

Elektrolytisches Polieren eignet sich für reines Kupfer und α - Messing Knetlegierungen. Zweiphasiges α - β - Messing kann ebenfalls elektrolytisch poliert werden, jedoch ist das Ergebnis nicht gut geeignet für eine quantitative Auswertung, besonders wenn die Legierung Blei enthält (Siehe Abb. 15 und 16). Voraussetzung für eine gute elektrolytische Politur ist ein vorhergehendes Feinschleifen

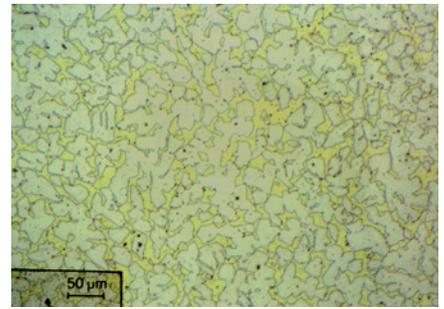


Abb. 15: α - β -Messingguss mechanisch präpariert, ungeätzt, 200x.

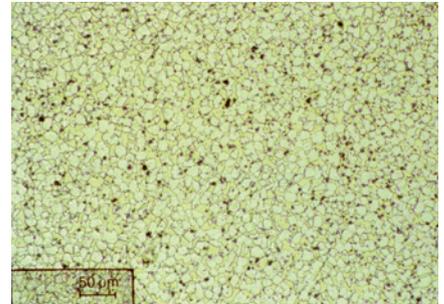


Abb. 16: Gleiche Probe wie Abb. x elektrolytisch poliert, ungeätzt, 200x. Die Bleieinschlüsse sind herausgeätzt und wirken dadurch größer und zahlreicher als in Abb. 15.

Ätzen

Es gibt eine Vielzahl von Ätzmitteln für Kupfer und seine Legierungen die alle relative einfach anzuwenden sind. Die meisten Gusslegierungen lassen sich gut anätzen. Schwieriger kann es sein die richtige Ätzung für Knetlegierungen zu finden, besonders wenn sie stark verformt sind. In diesen Fällen kann eine Farbätzung hilfreich sein.

Besonders zu erwähnen ist, dass Blei von den Ätzungen angegriffen wird und meistens nur schwarze Löcher zurückbleiben. Fotos die die Verteilung von Bleieinschlüssen dokumentieren sollen, müssen deshalb immer vor dem Ätzen gemacht werden. Die Eigenfarbe von Blei ist grau-blau (Abb.17 und 18).

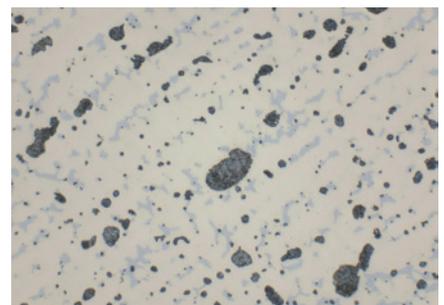


Abb. 17: Bronzeguss, CuSn8Pb, ungeätzt, große und kleine blau-graue Bleieinschlüsse, hellblauer α - δ Eutektoid schwach zu erkennen, 500x.

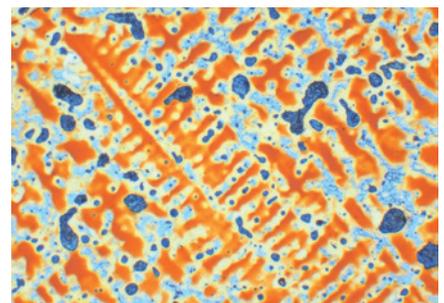


Abb. 18: Gleiche Probe wie Abb. 17, farbgeätzt nach Klemm, dendritisches Gefüge mit hellblauem Eutektoid und blauen Bleieinschlüssen. Kleine Bleieinschlüsse sind nicht mehr deutlich zu erkennen, 500x.

Struers ApS

 Pederstrupvej 84
 DK-2750 Ballerup, Denmark
 Phone +45 44 600 800
 Fax +45 44 600 801
 struers@struers.dk
 www.struers.com

NETHERLANDS
Struers GmbH Nederland

 Zomerdijk 34 A
 3143 CT Maassluis
 Telefon +31 (10) 599 7209
 Fax +31 (10) 5997201
 netherlands@struers.de

NORWAY
Struers ApS, Norge
 Sjøskogveien 44C
 1407 Vinterbro
 Telefon +47 970 94 285
 info@struers.no

AUSTRIA
Struers GmbH
 Zweigniederlassung Österreich
 Betriebsgebiet Puch Nord 8
 5412 Puch
 Telefon +43 6245 70567
 Fax +43 6245 70567-78
 austria@struers.de

POLAND
Struers Sp. z o.o.
 Oddział w Polsce
 ul. Jasnogórska 44
 31-358 Kraków
 Phone +48 12 661 20 60
 Fax +48 12 626 01 46
 poland@struers.de

ROMANIA
Struers GmbH, Sucursala Bucuresti
 Str. Preciziei nr. 6R
 062203 sector 6, Bucuresti
 Telefon +40 (31) 101 9548
 Fax +40 (31) 101 9549
 romania@struers.de

SWITZERLAND
Struers GmbH
 Zweigniederlassung Schweiz
 Weissenbrunnstraße 41
 CH-8903 Birmsdorf
 Telefon +41 44 777 63 07
 Fax +41 44 777 63 09
 switzerland@struers.de

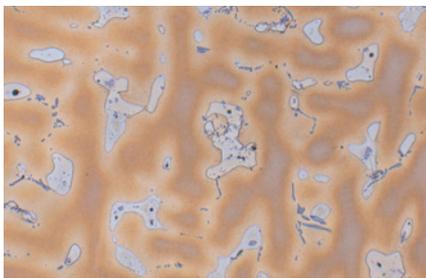
SINGAPORE
Struers Singapore
 627A Aljunied Road,
 #07-08 BizTech Centre
 Singapore 389842
 Phone +65 6299 2268
 Fax +65 6299 2661
 struers.sg@struers.dk

SPAIN
Struers España
 Camino Cerro de los Gamos 1
 Building 1 - Pozuelo de Alarcón
 CP 28224 Madrid
 Teléfono +34 917 901 204
 Fax +34 917 901 112
 struers.es@struers.es

FINLAND
Struers ApS, Suomi
 Hietalahdenranta 13
 00180 Helsinki
 Puhelin +358 (0)207 919 430
 Faksi +358 (0)207 919 431
 finland@struers.fi

SWEDEN
Struers Sverige
 Box 20038
 161 02 Bromma
 Telefon +46 (0)8 447 53 90
 Telefax +46 (0)8 447 53 99
 info@struers.se

UNITED KINGDOM
Struers Ltd.
 Unit 11 Evolution @ AMP
 Whittle Way, Catcliffe
 Rotherham S60 5BL
 Tel. +44 0845 604 6664
 Fax +44 0845 604 6651
 info@struers.co.uk

USA
Struers Inc.
 24766 Detroit Road
 Westlake, OH 44145-1598
 Phone +1 440 871 0071
 Fax +1 440 871 8188
 info@struers.com

 Bronzeguss, CuSn10, geätzt mit Eisen-III-chlorid, dendritisches Gefüge mit α - δ Eutektoid, 200x.

Anwendung	Ätzung
Kornflächenätzung für Kupfer, Messing und Bronzen	100 ml Wasser 10 g Ammoniumsulfat Frisch verwenden!
Alle Kupfersorten	100-120 ml Wasser oder Ethanol 20-50 ml Salzsäure 5-10 g Eisen (III)-chlorid (Konzentration variabel)
Korngrenzen Kornflächen	25 ml destilliertes Wasser 25 ml Ammoniak 5-25 ml Wasserstoffperoxyd 3%
α - β Messing	120 ml Wasser 10 g Kupfer (II)-ammoniumchlorid Ammoniak zusetzen bis Niederschlag sich löst
Schnelle und gute Politur für reines Kupfer	100 ml Wasser 100 ml Ethanol 19 g Eisen (III)-nitrat
Farbätzung nach Klemm	100 ml kaltesättigte Natriumthiosulfatlösung 40 g Kaliummetabisulfid

Zusammenfassung

Reines Kupfer wird wegen seiner guten Verformbarkeit und hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit besonders in der Elektrotechnik, Elektronikindustrie und in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie verwendet. Messing- und Bronze- Knet- und Gusslegierungen finden von Kleinteilen bis zu meereswasserbeständigen Pumpengehäusen Anwendung. Die Metallografie von Kupfer und seinen Legierungen wird in der Qualitätskontrolle in erster Linie für die Reinheits- und Korngrößenbestimmung eingesetzt. Hinzu kommen besonders bei Gusslegierungen generelle Gefügebeurteilungen. Kupfer ist weich und zäh und besonders anfällig für mechanische Verformung. Deshalb ist besonders beim ersten Schleifschritt darauf zu achten, dass eine möglichst feine Körnung verwendet wird. Das Diamantpolieren erfolgt auf mittelweichen bis weichen Poliertüchern und kann bei reinem Kupfer relativ lange dauern. Das chemisch-mechanische Endpolieren mit OP-S Suspension ist unerlässlich und ergibt eine kratzerfreie Oberfläche. Für bleifreie Knetlegierungen eignet sich auch das elektrolytische Polieren. Ätzen ist mit den herkömmlichen Ätzmitteln relativ einfach, wobei manche Gussbronzen farbgeätzt besonders attraktive Gefüge zeigen.

Autorinnen

 Elisabeth Weidmann, Anne Guesnier
 Struers A/S

Danksgiving

Wir danken der Fa. Gebr. Kempe, Olpe, für die Erlaubnis zur Wiedergabe der Aufnahme des Pumpengehäuses Abb.13 und Ventils Abb.4.

Wir bedanken uns bei der Fa. buntmetall amstetten Ges.m.b.H., Amstetten, Österreich, für Probenmaterial. Wir danken Fr. Silvia Topsever und Hr. Siegfried Pirschl für ihre Unterstützung.

Wir bedanken uns bei der Fa. Enzesfeld-Caro Metallwerke AG, Enzesfeld, Österreich, für Probenmaterial und die Erlaubnis zur Wiedergabe der Abb. 8, 9 und 14.

Wir danken Hr. Andreas Drivodelits für seine Unterstützung.

Wir bedanken uns bei G. Kiessler und G. Elsner, Max-Planck Institut für Metallforschung, Stuttgart, für die Erlaubnis zur Wiedergabe der Abb.15 und 16.

Wir bedanken uns bei dem Deutschen Kupferinstitut, Düsseldorf, für die Erlaubnis zur Wiedergabe der Abb. 3.

Wir bedanken uns bei Wieland Fischer, Struers GmbH, Willich, für die Aufnahmen Abb.1 und 2.

Bibliografie

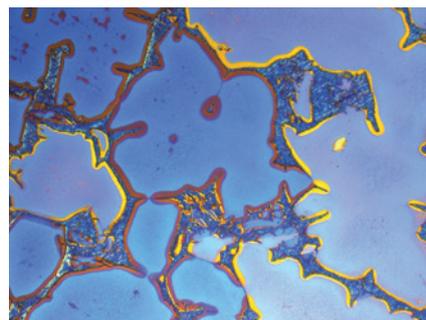
Aktuelle Informationsdrucke des Deutschen Kupferinstituts, Düsseldorf.

ASM Handbook, Vol. 9, Metallography and Microstructures, ASM, 2004.

Metals Handbook, Desk Edition, ASM, 1997.

Handbuch der metallographischen Ätzverfahren, M. Beckert und H. Klemm, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, Germany, 1976.

Metallographische Anleitung zum Farbbätzen nach dem Tauchverfahren, E. Weck, E. Leistner, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1982.



Aluminiumbronze farbgeätzt nach Klemm, pol. Licht, 200x.

AUSTRALIA & NEW ZEALAND
Struers Australia
 27 Mayneview Street
 Milton QLD 4064
 Australia
 Phone +61 7 3512 9600
 Fax +61 7 3369 8200
 info.au@struers.dk

BELGIUM (Wallonie)
Struers S.A.S.
 370, rue du Marché Rollay
 F- 94507 Champigny
 sur Marne Cedex
 Téléphone +33 1 5509 1430
 Télécopie +33 1 5509 1449
 struers@struers.fr

BELGIUM (Flanders)
Struers GmbH Nederland
 Zomerdijk 34 A
 3143 CT Maassluis
 Telefon +31 (10) 599 7209
 Fax +31 (10) 5997201
 netherlands@struers.de

CANADA
Struers Ltd.
 7275 West Credit Avenue
 Mississauga, Ontario L5N 5M9
 Phone +1 905-814-8855
 Fax +1 905-814-1440
 info@struers.com

CHINA
Struers Ltd.
 No. 1696 Zhang Heng Road
 Zhang Jiang Hi-Tech Park
 Shanghai 201203, P.R. China
 Phone +86 (21) 6035 3900
 Fax +86 (21) 6035 3999
 struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA

 Struers GmbH Organizační složka
 vědeckotechnický park
 Ptillepecká 1920,
 CZ-252 63 Roztoky u Prahy
 Phone +420 233 312 625
 Fax +420 233 312 640
 czechrepublic@struers.de
 slovakia@struers.de

GERMANY
Struers GmbH
 Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
 D- 47877 Willich
 Telefon +49 (0) 2154 486-0
 Fax +49 (0) 2154 486-222
 verkauf@struers.de

FRANCE
Struers S.A.S.
 370, rue du Marché Rollay
 F-94507 Champigny
 sur Marne Cedex
 Téléphone +33 1 5509 1430
 Télécopie +33 1 5509 1449
 struers@struers.fr

HUNGARY
Struers GmbH
 Magyarországi Fióktelepe
 2040 Budaörs
 Szabadság utca 117
 Phone +36 2380 6090
 Fax +36 2380 6091
 Email: hungary@struers.de

IRELAND
Struers Ltd.
 Unit 11 Evolution @ AMP
 Whittle Way, Catcliffe
 Rotherham S60 5BL
 Tel. +44 0845 604 6664
 Fax +44 0845 604 6651
 info@struers.co.uk

ITALY
Struers Italia
 Via Monte Grappa 80/4
 20020 Arese (MI)
 Tel. +39-02/38236281
 Fax +39-02/38236274
 struers.it@struers.it

JAPAN
Marumoto Struers K.K.
 Takanawa Muse Bldg. 1F
 3-14-13 Higashi-Gotanda,
 Shinagawa
 Tokyo
 141-0022 Japan
 Phone +81 3 5488 6207
 Fax +81 3 5488 6237
 struers.jp@struers.com