Metallografische Präparation von Kupfer und Kupferlegierungen

Struers
Ensuring Certainty

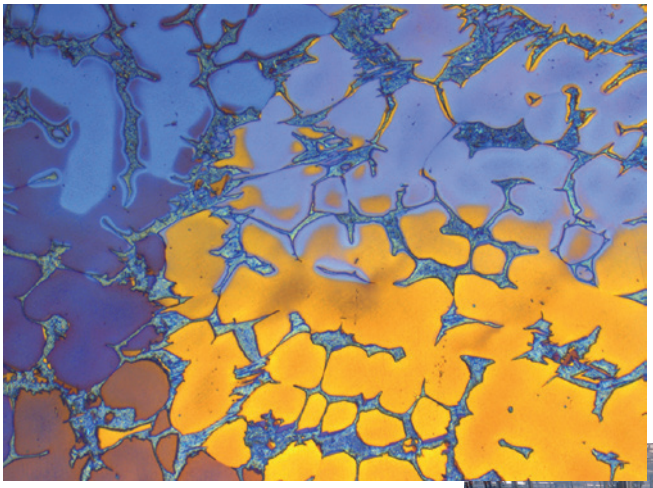
Application Notes

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, Nahrungsmittel- 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.



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

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.

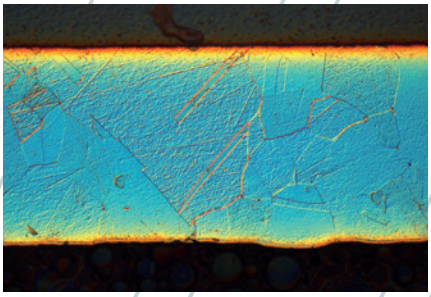


Abb.1: Reinkupferdraht endpoliert mit OP-S, DIC, 200x.

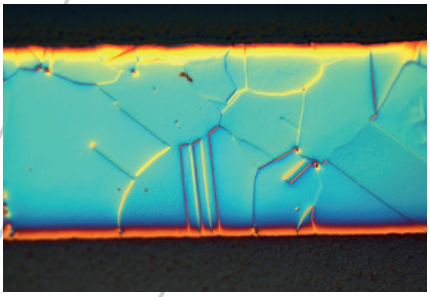


Abb. 2: Gleiche Probe wie Abb.1 endpoliert mit OP-S-Ammoniak-Wasserstoffperoxid-Mischung, DIC, 200x

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

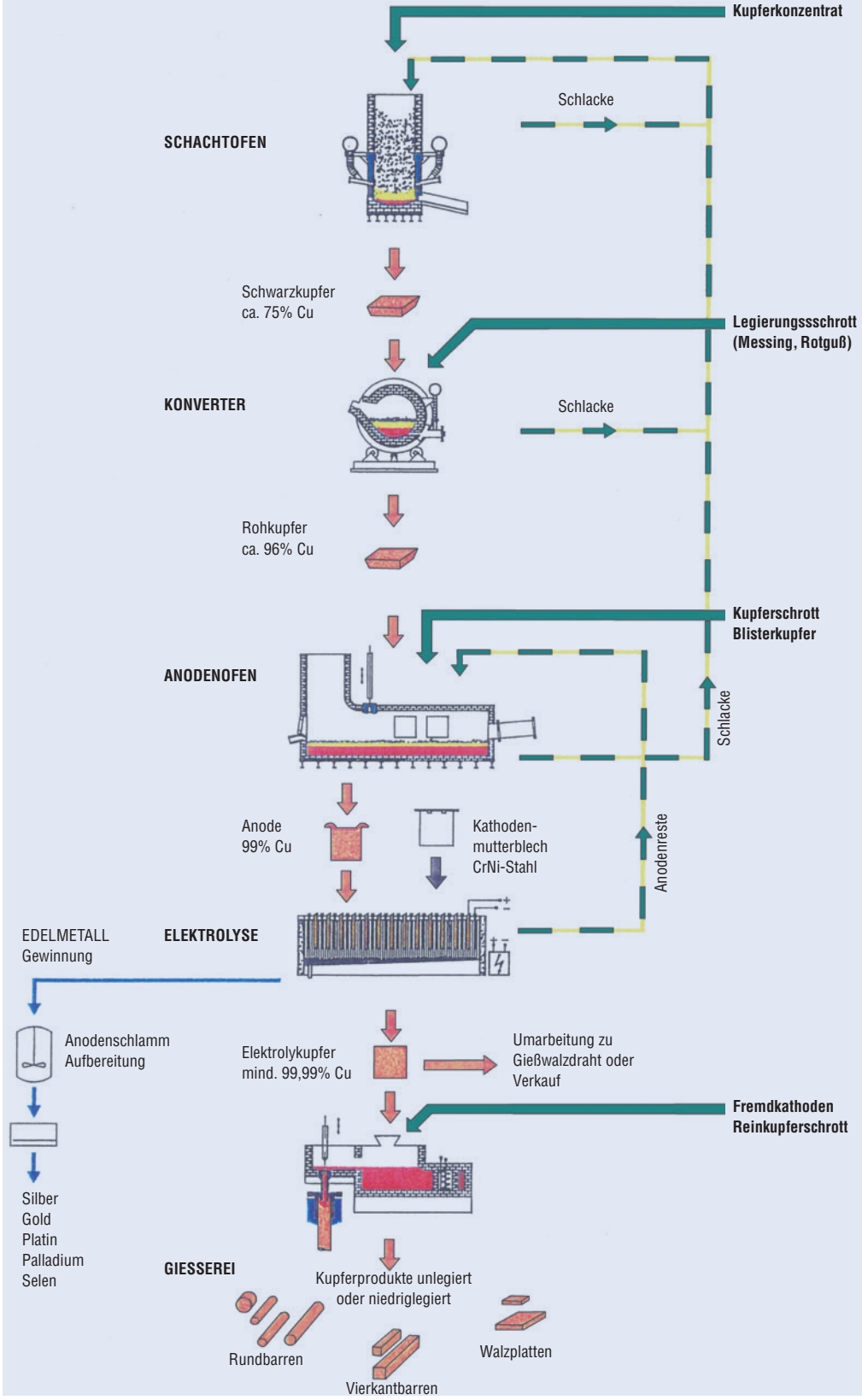
Kupfer kommt in der Natur zwar gediegen vor wird aber hauptsächlich aus sulfidischen Erzen in einem schmelzmetallurgischen Prozess gewonnen. Ein geringer Teil des Kupfers wird auch nassmetallurgisch erzeugt. Die Kupfergewinnung erfolgt in vier Schritten die im Folgenden kurz beschrieben werden.

1. Kupferstein (Schwarzkupfer), 75% Cu:
Bei der schmelzmetallurgischen Gewinnung werden Kupferkonzentrate, hauptsächlich Kupferkies ($CuFeS_2$), geröstet und mit Zuschlägen 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

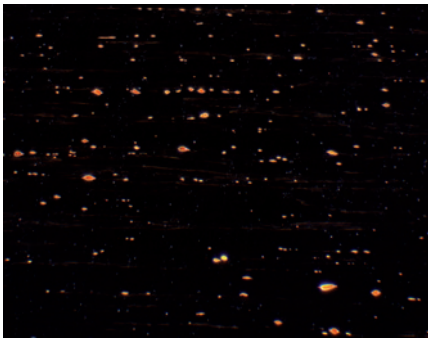


Abb. 5: Kupfer mit roten Kupferoxideinschlüssen, Dunkelfeld, 500x.

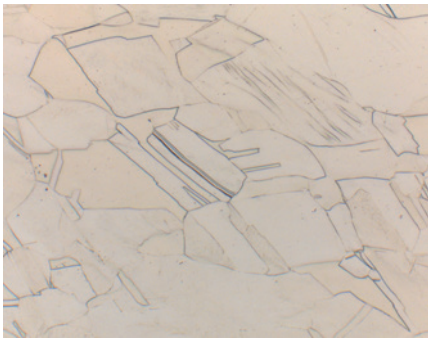


Abb. 6: Sauerstofffreies Kupfer, geätzt mit Ammoniumpersulfat, 100x.

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

Courtesy: Danish Foreign Ministry.

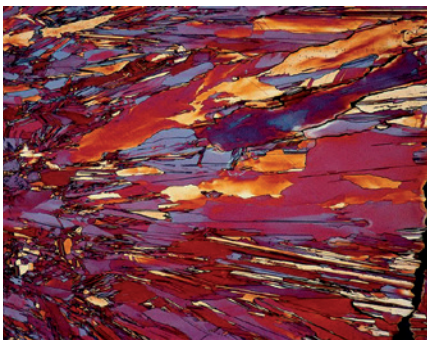


Abb. 7: Kathodenkupfer, geätzt nach Klemm, 100x.

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.

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.

Messinge 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 Sondermessingsorten 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 meerwasserbeständige Pumpengehäuse (CuZn10Sn2).

Abb. 8: Wälz- und Kugellagerkäfige aus Messing.

Abb. 9:
Rohre und Profile aus Bronzeknetlegierung.

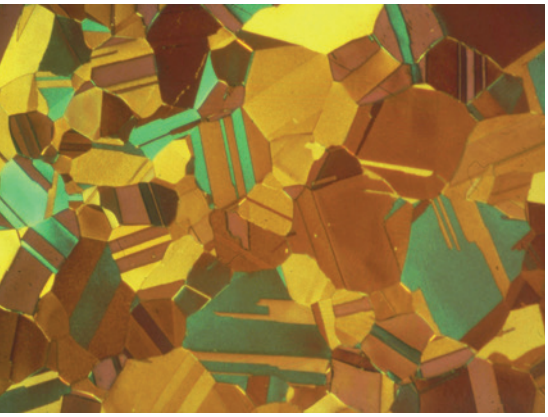


Abb.10: α-Messing farbgeätzt, 200x.

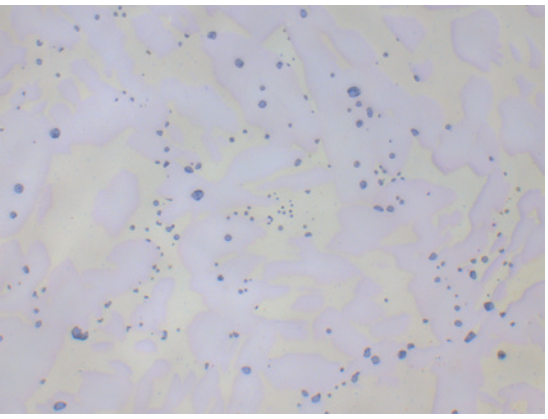


Abb.11: α-β- Messingguss (CuZn40Pb2) mit grauen Bleieinschlüssen, ungeätzt, 500x.

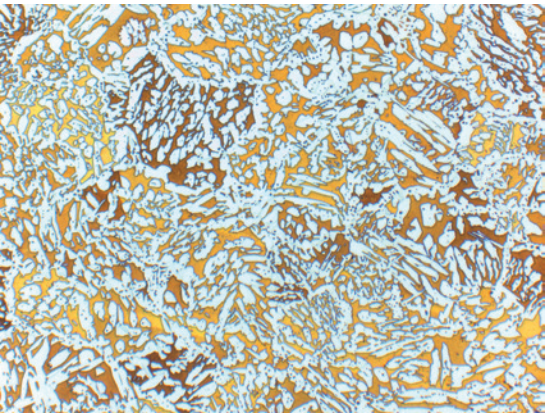


Abb.12: α-β- Messingguss, geätzt nach Klemm, helle α-Mischkristalle in dunkler Grundmasse aus β-Mischkristallen, 100x.

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 Notlaufeigenschaften 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.

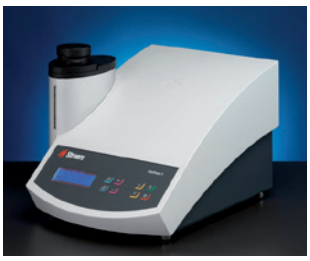
Abb.14: Laufbuchsen aus Bronzeknetlegierung mit Graphit.

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 Schleifkörner 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
Abra-siv	Typ	SiC	SiC	SiC	SiC
	Große	#500	#800	#1200	#4000
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	
Unterlage		MD-Mol	MD-Chem	*Tuch mit Wasser befeuchten, ohne Poliermittel mit einigen Tropfen der Ätzlösung polieren.*
Abra-siv	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
Abrasiv	Typ	SiC	Diamond
	Große	#220 or #320	9 µm
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
Abrasiv	Typ	Diamond	Collodial Silica
	Große	3 µm	0.04 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%)*

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 Schliffe 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 bewähret, 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 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 cm²**
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.

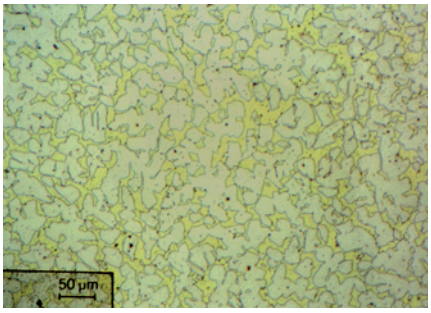


Abb.15: α-β-Messingguss mechanisch präpariert, ungeätzt, 200x.

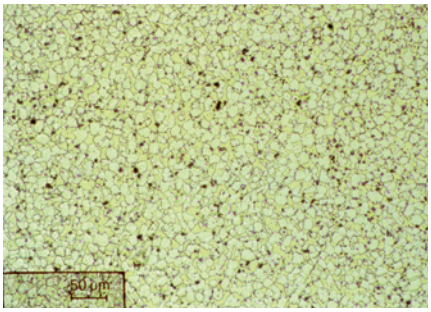


Abb.16: Gleiche Probe wie Abb. x elektrolytisch poliert, ungeätzt, 200x.
Die Bleieinschlüsse sind herausgeätzt und wirken dadurch größer und zahlreicher als in Abb.15.

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).

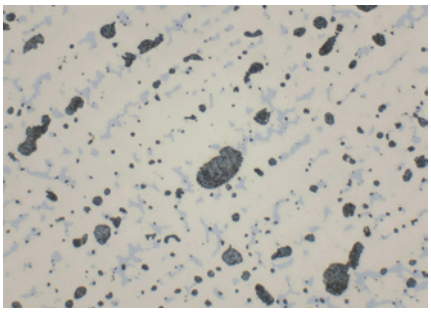


Abb.17: Bronzeguss, CuSn8Pb, ungeätzt, große und kleine blau-graue Bleieinschlüsse, hellblauer α-δ Eutektoid schwach zu erkennen, 500x.

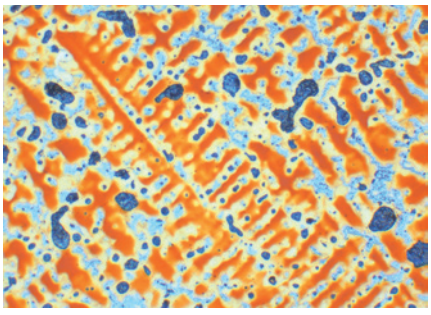
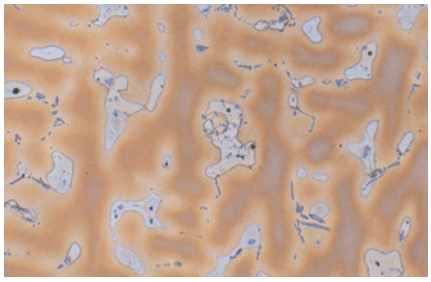


Abb.18: Gleiche Probe wie Abb.17, farbgeätzt nach Klemm, dentritisches Gefüge mit hellblauem Eutektoid und blauen Bleieinschlüssen. Kleine Bleieinschlüsse sind nicht mehr deutlich zu erkennen, 500x.



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 Ammoniumpersulfat 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% Weniger Wasserstoffperoxyd Mehr Wasserstoffperoxyd
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 kaltgesättigte Natriumthiosulfatlösung 40 g Kaliummetabisulfit

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 meerwasserbeständigen 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

Danksagung

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. Silivia 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 Unterstüzung.

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

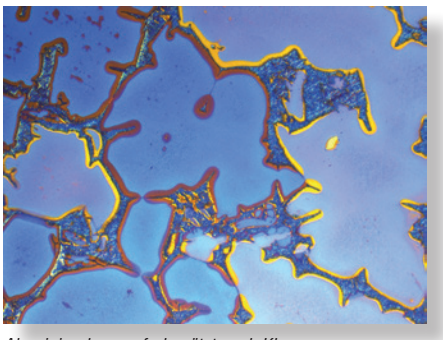
Aktuelle Informationsdrucke des Deutschen Kupferinstituts, Düsseldorf.

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 Farbätzen nach dem Tauchverfahren, E. Weck, E. Leistner, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1982.



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

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

AUSTRALIA & NEW ZEALAND
Struers Australia
27 Mayneview Street
Milton QLD 4064
Australia
Tel.: +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
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

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

CANADA
Struers Ltd.
7275 West Credit Avenue
Mississauga, Ontario L5N 5M9
Tel.: +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
Tel.: +86 (21) 6035 3900
Fax: +86 (21) 6035 3999
struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA
Struers GmbH Organizační složka
vědeckotechnický park
Přílepská 1920,
CZ-252 63 Roztoky u Prahy
Tel.: +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
Tel.: +49 (0) 2154 486-0
Fax: +49 (0) 2154 486-222
infoservice@struers.de

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

HUNGARY
Struers GmbH
Magyarországi Fióktelep
2040 Budaörs
Szabadság utca 117
Phone +36 (23) 80 60 90
Fax +36 (23) 80 90 91
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
Struers K.K
Takanawa Muse Bldg. 1F
3-14-13 Higashi-Gotanda,
Shinagawa
Tokyo
141-0022 Japan
Tel.: +81 3 5488 6207
Fax: +81 3 5488 6237
struers@struers.co.jp

NETHERLANDS
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

NORWAY
Struers ApS, Norge
Sjøskogenveien 44C
1407 Vinterbro
Tel.: +47 970 94 285
info@struers.no

AUSTRIA
Struers GmbH
Zweigniederlassung Österreich
Betriebsgebiet Puch Nord 7
5412 Puch
Tel.: +43 6245 70567
austria@struers.de

POLAND
Struers Sp. z o.o.
Oddział w Polsce
ul. Jasnogórska 44
31-358 Kraków
Tel.: +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
Tel.: +40 (31) 101 9548
Fax: +40 (31) 101 9549
romania@struers.de

SWITZERLAND
Struers GmbH
Zweigniederlassung Schweiz
Weissenbrunnenstraße 41
CH-8903 Birmensdorf
Tel.: +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
Tel.: +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
Tel.: +34 917 901 204
Fax: +34 917 901 112
struers.es@struers.es

FINLAND
Struers ApS Suomi
Sahaajankatu 20-22 A6
00880 Helsinki
Tel.: +358 (0)207 919 430
finland@struers.fi

SWEDEN
Struers Sverige
Box 20038
161 02 Bromma
Tel.: +46 (0)8 447 53 90
Fax: +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
Tel.: +1 440 871 0071
Fax: +1 440 871 8188
info@struers.com

28.01.2020 / 62240408