

**Inhalt**

<b>1. Allgemeine Informationen</b> .....	<b>2</b>	<b>6. Werkstoffbezeichnungen</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Chemische Zusammensetzung</b> .....	<b>2</b>	<b>7. Gleiteigenschaften</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Physikalische Eigenschaften</b> .....	<b>2</b>	<b>8. Gießtechnische Eigenschaften</b> .....	<b>6</b>
3.1 Dichte .....	2	<b>9. Bearbeitbarkeit</b> .....	<b>6</b>
3.2 Solidus- und Liquidustemperatur .....	2	9.1 Glühen .....	6
3.3 Längenausdehnungskoeffizient .....	2	9.2 Spanbarkeit .....	6
3.4 Spezifische Wärmekapazität .....	2	9.3 Verbindungstechniken .....	6
3.5 Wärmeleitfähigkeit .....	2	9.4 Oberflächenbehandlung .....	7
3.6 Spezifische elektrische Leitfähigkeit .....	3	<b>10. Korrosionsbeständigkeit</b> .....	<b>7</b>
3.7 Spezifischer elektrischer Widerstand .....	3	<b>11. Anwendungen</b> .....	<b>7</b>
3.8 Temperaturkoeffizient des elektr. Widerstands .....	3	<b>12. Liefernachweis</b> .....	<b>7</b>
3.9 Elastizitätsmodul .....	3	<b>13. Literatur</b> .....	<b>8</b>
3.10 Schwindmaß .....	3	<b>14. Index</b> .....	<b>8</b>
3.11 Spezifische magnetische Suszeptibilität .....	3		
3.12 Kristallstruktur / Gefüge .....	4		
<b>4. Mechanische Eigenschaften</b> .....	<b>4</b>		
4.1 Festigkeitswerte bei Raumtemperatur .....	4		
4.2 Tieftemperaturverhalten .....	4		
4.3 Hochtemperaturverhalten .....	5		
4.4 Dauerschwingfestigkeit .....	5		
4.5 Verhalten nach Wärmebehandlung .....	5		
<b>5. Normen</b> .....	<b>5</b>		

Stand 2005

*Hinweis:*

Durch Klicken auf die Überschriften können Sie direkt zu den entsprechenden Inhalten springen.

# CuAl10Fe5Ni5-C

## 1. Allgemeine Informationen

### Werkstoff-Bezeichnung:

CuAl10Fe5Ni5-C (ehem. G-, GK-, GZ-, GC-CuAl10Ni)

### Werkstoff-Nr.:

CC333G (ehem. 2.0975.01, .02, .03, .04)

CuAl10Fe5Ni5-C weist neben guter Gießbarkeit (sehr gute Druckdichtigkeit) hohe Festigkeitskennwerte und hohe Erosions- bzw. Kavitationsbeständigkeit auf. Dieser Werkstoff besitzt außerdem gute Abriebfestigkeit sowie gutes Dauerschwingverhalten und findet daher bei hoher statischer und dynamischer Belastung (geringe Gleitbeanspruchung) Anwendung. CuAl10Fe5Ni5-C ist darüber hinaus sehr gut korrosionsbeständig selbst in heißem Meerwasser.

Als bevorzugter Konstruktionswerkstoff eignet er sich aufgrund der ausgezeichneten Schweißbarkeit besonders gut für Mischkonstruktionen aus Guss- und Knetmaterial. Hauptanwendungen sind korrosionsbeanspruchte Teile für den Schiffbau, die Nahrungsmittel- und chemische Industrie sowie Armaturen für aggressive Wässer [1].

## 2. Chemische Zusammensetzung – nach DIN EN 1982 –

Legierungsbestandteile				
Massenanteil in %				
Cu	Al <sup>2)</sup>	Fe <sup>1)</sup>	Mn	Ni <sup>1)</sup>
76,0 bis 83,0	8,5 bis 10,5	4,0 bis 5,5	bis 3,0	4,0 bis 6,0

Zufällige Beimengungen bis						
Massenanteil in %						
Bi	Cr	Mg	Pb	Si	Sn	Zn
0,01	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,50

<sup>1)</sup> Für Kokillenguss muss der Mindestgehalt bei Blockmetallen und Gussstücken 3,0 % betragen, und der Mindestnickelgehalt muss 3,7 % betragen.

<sup>2)</sup> Bei Korrosionsbeanspruchung soll der Al-Gehalt kleiner/gleich  $8,5 + Ni/2$  betragen.

## 3. Physikalische Eigenschaften

### 3.1 Dichte

Temperatur °C	Dichte g/cm <sup>3</sup>
20	7,6
Schmelztemperatur (fest)	7,05
Schmelztemperatur (flüssig)	6,7

### 3.2 Solidus- und Liquidustemperatur

Solidustemperatur °C	Liquidustemperatur °C
1020	1040

### 3.3 Längenausdehnungskoeffizient

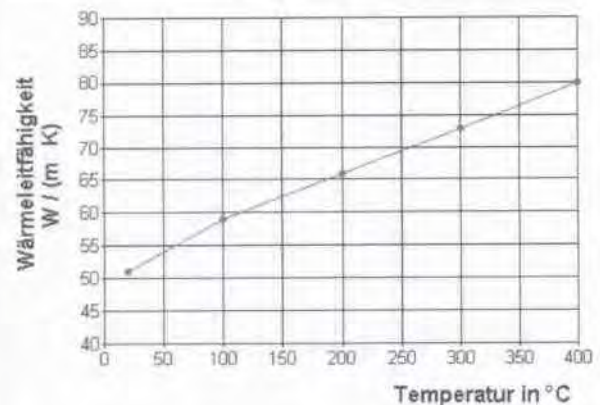
Temperatur °C	Längenausdehnungs- koeffizient 10 <sup>-6</sup> ·K <sup>-1</sup>
von -100 bis 0	15,5
von 20 bis 100	16,3
von 20 bis 200	16,5
von 20 bis 300	17,1
von 20 bis 400	17,8
von 20 bis 500	18,4

### 3.4 Spezifische Wärmekapazität

Temperatur °C	Spezifische Wärmekapazität J/(g·K)
bei 20	0,42
von 20 bis 100	0,44

### 3.5 Wärmeleitfähigkeit

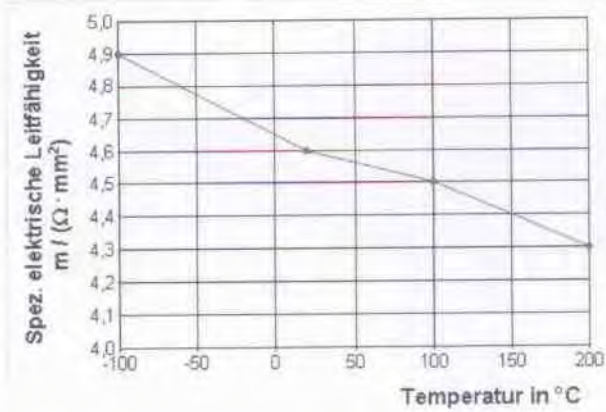
Temperatur °C	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)
20	51
100	59
200	66
300	73
400	80





### 3.6 Spezifische elektrische Leitfähigkeit

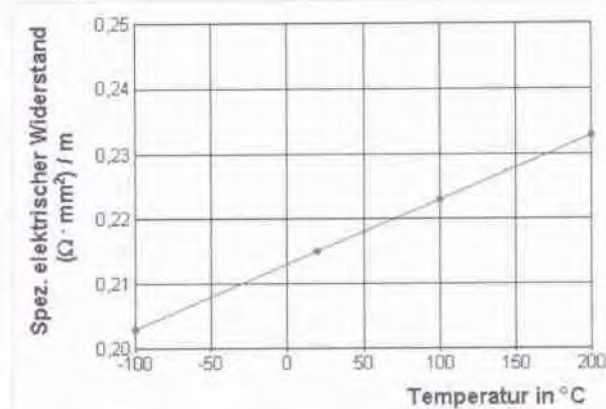
Temperatur °C	Spez. elektr. Leitfähigkeit MS/m
-100	4,9
20	4,6
100	4,5
200	4,3



Anmerkung: 1 MS/m entspricht 1 m/(Ω · mm²).

### 3.7 Spezifischer elektrischer Widerstand

Temperatur °C	Spez. elektr. Widerstand (Ω · mm²)/m
-100	0,203
20	0,215
100	0,223
200	0,233



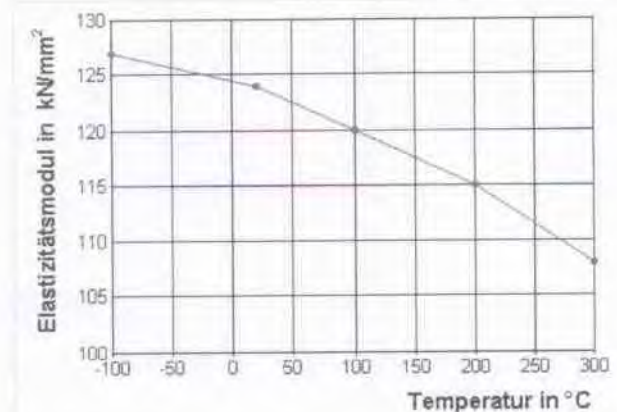
### 3.8 Temperaturkoeffizient des elektr. Widerstands

Temperatur °C	Temperaturkoeffizient des elektr. Widerstands K <sup>-1</sup>
20	0,0001

Gültig von -100 bis 200 °C.

### 3.9 Elastizitätsmodul

Temperatur °C	Elastizitätsmodul kN/mm²
-100	127
20	124
100	120
200	115
300	108



Anmerkung: 1 kN/mm² entspricht 1 GPa.

### 3.10 Schwindmaß

Das Schwindmaß beträgt bei Abkühlung von Gieß- auf Raumtemperatur 1,75 bis 2,0 %.

### 3.11 Spezifische magnetische Suszeptibilität - bei 20 °C -

CuAl10Fe5Ni5-C besitzt keine ferromagnetischen Eigenschaften. Der vorhandene Paramagnetismus nimmt mit steigendem Anteil ausgeschiedener Eisenteilchen zu. So kann die Suszeptibilität X von 0,0042 bis 0,0105 cm³/g variieren.

Anmerkung: X =  $\chi/\rho$  (Massensuszeptibilität)

# CuAl10Fe5Ni5-C

## 3.12 Kristallstruktur / Gefüge

Das Gefüge hängt von der chemischen Zusammensetzung, der Abkühlgeschwindigkeit (Gießverfahren) oder aber von der angewandten Wärmebehandlung ab. Ein unter normalen Abkühlbedingungen hergestellter Guss aus CuAl10Fe5Ni5-C weist eine Struktur auf, die aus einer  $\alpha$ -Phase des kupferreichen Mischkristalls (kubisch-flächenzentriert), einer "martensitischen  $\beta$ "-Phase mit hohem

NiAl-Anteil (entstanden durch eine Umwandlung der kubisch-raumzentrierten Hochtemperaturphase  $\beta$ ) sowie aus weiteren mit  $\kappa$ -Phase bezeichneten intermetallischen Ausscheidungen auf  $Fe_3Al$ - und NiAl-Basis (unterschiedliche Modifikationen) besteht [3]. Die höheren Erstarrungsgeschwindigkeiten können zu einer vollständigen Unterdrückung des "martensitischen  $\beta$ "-Anteils führen.

## 4. Mechanische Eigenschaften

### 4.1 Festigkeitswerte bei Raumtemperatur

#### 4.1.1 Festigkeit – nach DIN EN 1982 –

Werkstoffbezeichnung und Kennzeichnung des Gießverfahrens	Gießverfahren	Zugfestigkeit	0,2 %-Dehngrenze	Bruchdehnung	Brinellhärte
		$R_m$ N/mm <sup>2</sup> min.	$R_{p0,2}$ N/mm <sup>2</sup> min.	A % min.	HB min.
CuAl10Fe5Ni5-C – GS	Sandguss	600	250	13	140
CuAl10Fe5Ni5-C – GM	Kokillenguss	650	280	7	150
CuAl10Fe5Ni5-C – GZ	Schleuderguss	650	280	13	150
CuAl10Fe5Ni5-C – GC	Strangguss	650	280	13	150

Anmerkung: 1 N/mm<sup>2</sup> entspricht 1 MPa.

#### 4.1.2 Scherfestigkeit

Sie beträgt bei 20 °C min. 310 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 Druckfestigkeit

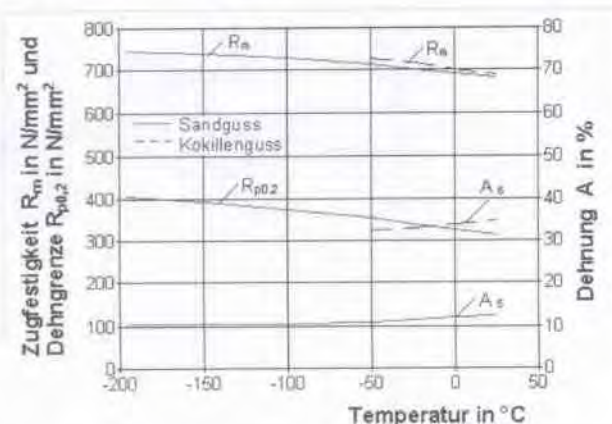
Verformung	Druckfestigkeit	Zustand
%	N/mm <sup>2</sup>	
0,1	240	wärmebehandelt
1,0	330	
10,0	690	

Quelle: [2]

Anmerkung: 1 N/mm<sup>2</sup> entspricht 1 MPa.

## 4.2 Tieftemperaturverhalten

### 4.2.1 Festigkeitswerte

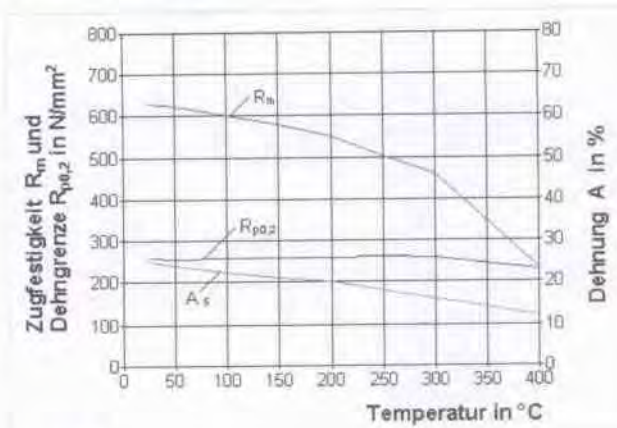


Quelle: [2]



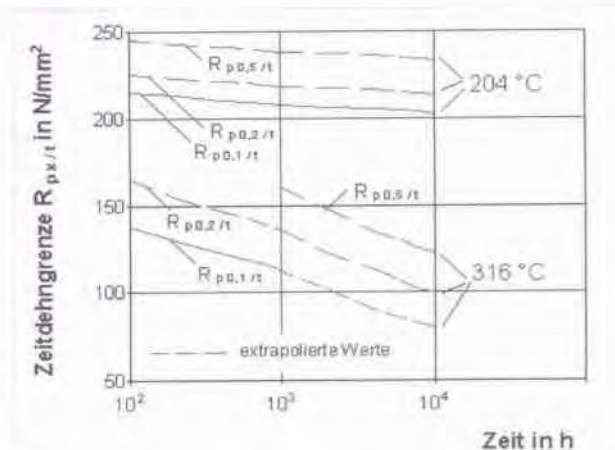
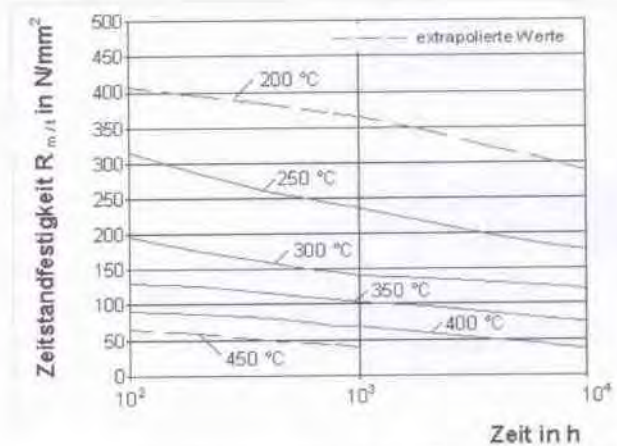
## 4.3 Hochtemperaturverhalten

### 4.3.1 Warmfestigkeit



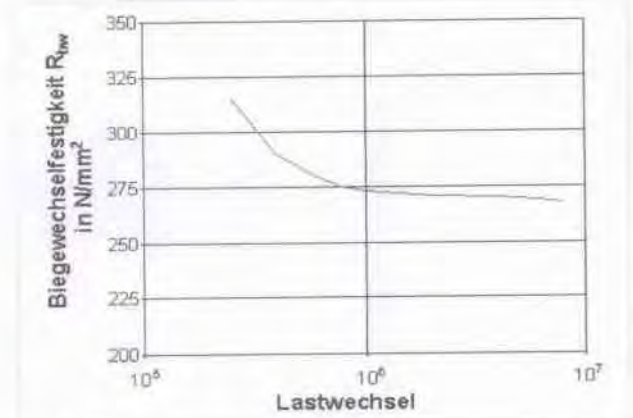
Quelle: [5]

### 4.3.2 Zeitstandwerte



Quelle Bild 1 und 2: [6]

## 4.4 Dauerschwingfestigkeit



Quelle: [7]

## 4.5 Verhalten nach Wärmebehandlung

Zur Optimierung der Werkstoffelgenschaften sind zahlreiche Wärmebehandlungen bekannt [8]. Als Beispiel seien folgende Werte aufgeführt, wobei das Gussstück nach einem Lösungsglühen (1 h bei 900 - 950 °C) und dem Abschrecken in Wasser 2 h bei 600 - 650 °C angelassen und anschließend an der Luft abgekühlt wurde [9, 10].

	Zugfestigkeit	0,1 %-Dehngrenze	Bruchdehnung	Brinellhärte
	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>	$R_{p0.1}$ N/mm <sup>2</sup>	A %	HB
vor der Wärmebehandlung	664	293	17	170
nach der Wärmebehandlung	757	433	13	210

Anmerkung: 1 N/mm<sup>2</sup> entspricht 1 MPa.

## 5. Normen

- DIN EN 1982** Kupfer und Kupferlegierungen - Blockmetalle und Gussstücke
- DIN EN 10204** Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen
- DIN EN 10002-1** Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch
- DIN EN 10003-1** Prüfung metallischer Werkstoffe; Härteprüfung nach Brinell
- VDG-Merkblatt P378** Gießen von Probestäben aus Kupfer-Gusslegierungen für den Zugversuch (Sandguss und Kokillenguss)
- DIN EN ISO 2624** Kupfer und Kupferlegierungen - Bestimmen der mittleren Korngröße (ISO 2624 : 1990)

# CuAl10Fe5Ni5-C

## 6. Werkstoffbezeichnungen

Vergleich der Werkstoffbezeichnungen in verschiedenen Ländern (einschließlich ISO) <sup>1)</sup>

Land	Bezeichnung der Normung	Werkstoffbezeichnung / -nummer
Europa	EN	CuAl10Fe5Ni5-C CC333G
USA	ASTM (UNS)	C95800
Japan	JIS	AIBC3
Internationale Normung	ISO	CuAl10Fe5Ni5

Vormalige nationale Bezeichnungen		
Deutschland	DIN	G-, GK-, GZ-, GC-CuAl10Ni 2.0975.01 bis .04
Frankreich	NF	CuAl10Fe5Ni5
Großbritannien	BS	AB2
Italien	UNI	G-CuAl11Fe4Ni4
Schweden	SS	Aluminiumbrons
Schweiz	SNV	G-CuAl10Fe5Ni5
Spanien	UNE	CuAl110Fe5Ni5 C-4220

<sup>1)</sup> Die Toleranzbereiche der Zusammensetzung der in außereuropäischen Ländern genormten Legierungen sind nicht in allen Fällen gleich mit der Festlegung nach DIN EN.

## 7. Gleiteigenschaften

Bei oft noch ausreichenden Gleiteigenschaften eignet sich CuAl10Fe5Ni5-C für hohe statische und dynamische Belastungen bei geringer Gleitbeanspruchung und ist unempfindlich gegen Stoß, Schlag sowie wechselnde Belastungen. Wegen des schlechten Notlaufverhaltens sollte CuAl10Fe5Ni5-C nur bei einwandfreier Schmierung verwendet werden.

## 8. Gießtechnische Eigenschaften

CuAl10Fe5Ni5-C weist ein enges Erstarrungsintervall auf und ist in gießtechnischer Hinsicht vielseitig verwendbar. Bei vorliegender Gießfahrung und angepasster konstruktiver Gestaltung hat diese Legierung eine gute Gießbarkeit, wobei scharfe Konturen auch bei sehr dünnwandigen Gussstücken gut ausgefüllt werden. Die gute Druckdichtigkeit ist selbst bei großen Wanddicken sichergestellt.

CuAl10Fe5Ni5-C eignet sich für Sand-, Kokillen-, Schleuder- und Stranggussverfahren, auch Maskenformgussverfahren ist möglich. Die Gießtemperatur liegt zwischen 1100 – 1150 °C.

## 9. Bearbeitbarkeit

### 9.1 Glühen

Glühen	
Homogenisierungsglühen, Temp-Bereich	880 bis 950 °C
Entspannungsglühen, Temp-Bereich	250 bis 320 °C

Eine Wärmebehandlung kann an fehlerfrei gegossenen Teilen eine Verbesserung der mechanischen sowie Korrosionseigenschaften bewirken.

### 9.2 Spanbarkeit

Zerspanbarkeitsindex: 85

(CuZn39Pb3 = 100)

(Die angegebenen Zahlen sind keine festen Messwerte, sondern stellen relative Einstufungen dar. Angaben anderer Quellen können daher geringfügig nach oben oder unten abweichen.)

Bei der groben Unterteilung der Kupferwerkstoffe hinsichtlich ihrer Spanbarkeit in drei Hauptgruppen wird CuAl10Fe5Ni5-C der Gruppe III (mäßige bis schwere Spanbarkeit) zugeordnet und verhält sich wie austenitische Stähle gleicher Festigkeit. Um den Werkzeugverschleiß zu reduzieren und ausreichende Standzeiten zu erreichen, sollten als Schneidwerkstoffe Hartmetalle eingesetzt werden.

Siehe auch [1].

### 9.3 Verbindungstechniken

Schweißen	
Gasschweißen	nicht geeignet
Lichtbogenschweißen	gut
WIG-Schweißen	sehr gut
MIG-Schweißen	sehr gut
Widerstandsschweißen	gut

Löten	
Weichlöten <sup>1)</sup>	ausreichend
Hartlöten <sup>1)</sup>	mittel

Kleben	
	gut

<sup>1)</sup> Es sind hierzu solche Flussmittel erforderlich, die eine Auflösung der chemisch sehr widerstandsfähigen Aluminiumoxide gewährleisten.



## 9.4 Oberflächenbehandlung

Polieren	
mechanisch	gut
elektrolytisch / chemisch	mittel

Galvanisierbarkeit	
	schlecht <sup>1)</sup>

Eignung für Tauchverzinnung	
	schlecht <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Abscheidungsvorgang wird durch Aluminiumoxidanteile verhindert.

Eine einwandfreie Gussoberfläche sollte frei von anhaftendem Sand, keramischen Reststoffen, Oxidhäuten und Schlieren sein. CuAl10Fe5Ni5-C weist i. A. eine glatte und saubere Oberfläche ohne störende Unebenheiten auf. Für spezielle Anwendungen sind die Teile durch Beizen, Schleifen oder Polieren nachzubehandeln.

## 10. Korrosionsbeständigkeit

CuAl10Fe5Ni5-C besitzt eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit, die auf die Resistenz eines sich auf der Werkstoffoberfläche rasch bildenden und bei Verletzung schnell ausheilenden oxidischen (im wesentlichen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Schutzfilms zurückzuführen ist.

Aufgrund seiner sehr hohen Korrosionsbeständigkeit, verbunden mit hoher Abriebfestigkeit sowie hoher Kavitationsfestigkeit, hat sich CuAl10Fe5Ni5-C hervorragend für Anwendungen unter der Einwirkung von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen bewährt. So z. B. ist dieser Werkstoff auch in der aggressiven meeresnahen oder Schwefeldioxid enthaltenden Industrielatmosphäre sowie gegenüber leicht sauren bis schwach alkalischen Salzlösungen (Sulfit- und Bleichlaugen, Kalisalzlösungen) und industriellen Abwässern, gegenüber Meerwasser (kalt und warm), Brackwasser sowie organischen (u. a. Essigsäure) und reduzierenden oder leicht oxidierenden Mineralsäuren (verdünnte Salz-, Fluss-, Phosphorsäure), insbesondere Schwefelsäure bei Raum- und erhöhten Temperaturen gut beständig [1].

Außerdem hat CuAl10Fe5Ni5-C eine hohe Zunderbeständigkeit (gilt bis ca. 800 °C als zunderbeständig).

CuAl10Fe5Ni5-G besitzt aber gegenüber stark sauren Medien mit hohem Oxidationsvermögen (insbesondere Salpetersäure) sowie Alkalien einen geringeren Korrosionswiderstand, da diese die oxidische Deckschicht lösen oder ihre Bildung verhindern. Die Neigung zur selektiven Korrosion (Entaluminierung) ist äußerst gering, zur Verhinderung dieser Korrosionsart gibt die Norm ein bestimmtes Al/Ni-Verhältnis (siehe unter Chemischer Zusammensetzung) vor.

## 11. Anwendungen

- Heißdampfarmaturen
- Verteilerköpfe und Umkehrböden in Apparatebau sowie Petrochemie, Pumpengehäuse, -räder, -wellen, -schutzhülsen
- Rohre, Kompressoren
- meerwassergekühlte Überhitzer
- Schleusenteile, Propellernaben, -flügel, -hauben, -wellen
- Stevenrohre, Ankerklüsen, Schrauben
- Destillierapparate, Kessel
- Rohrendplatten
- Wasser- und Ölkühler, Wasserkammern
- Entsalzungsanlagen, Salzsiedeanlagen
- Rührwerke, Beizkörbe, Wärmeaustauscher
- Turbinenteile, Leitapparate, Verteilergebläse
- Zahn- und Schneckenräder
- Leisten, Druckmuttern, Gelenke
- Lagerbuchsen, Kollektorringe
- Tiefziehwerkzeuge, Profilrollen
- Formen und Kerne für die Kunststoffverarbeitung
- Teile für Glasverarbeitung und für elektrische sowie elektronische Industrie, funkensichere Werkzeuge u. a.

## 12. Liefernachweis

Technische Lieferbedingungen sind in der betreffenden Gussnorm enthalten. Nachweise von Herstellern und Händlern für Gussstücke aus CuAl10Fe5Ni5-C können der Quelle [12] entnommen werden.

## 13. Literatur

- [1] Kupfer-Aluminium-Legierungen (DKI-Informationsdruck i.6). Deutsches Kupferinstitut, Berlin, 1986.
- [2] Aluminium Bronze – Technical Data (Publication No. 82). Copper Development Association, London, December 1982.
- [3] F. Hasan, A. Jahanafrooz u. a.: The Morphology, Crystallography, and Chemistry of Phases in As-Cast Nickel-Aluminium Bronze. Metallurgical Transactions A, Vol. 13 A, August 1982, S.1337-1345.
- [4] Metals Handbook, 9th edition. ASM, Metals Park, Ohio, 1981.
- [5] Guß aus Kupfer und Kupferlegierungen; Technische Richtlinien. GDM, VDG und DKI, Düsseldorf-Berlin, 1982.
- [6] C. H. Thornton, S. Harper und J. E. Bowers: "A critical survey of available high temperature mechanical property data for copper and copper alloys". Chapter XII from "Incras series on the metallurgy of copper". International Copper Research Association, New York, 1983.
- [7] P. Collins und D.J. Duguet: Corrosion Fatigue of a Duplex Aluminum Bronze Alloy (INCRA Research Report No. 241). International Copper Research Association, New York, 1979.
- [8] J. A. Duma: Heat Treatments for Optimizing Mechanical and Corrosion Resisting Properties of Nickel-Aluminum Bronzes. Naval Engineers Journal, Vol. 87, February 1975, S. 45-64.
- [9] P. J. Macken und A. A. Smith: The Aluminium Bronzes (CDA Publication No. 31). Copper Development Association, London, 1966.
- [10] Meigh, H.: Cast and Wrought Aluminium Bronzes – Properties, Processes and Structure. Copper Development Association, London, 2000. Published by IOM Communications Ltd, London.
- [11] Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen (DKI-Informationsdruck i.18). Deutsches Kupferinstitut, Berlin/Düsseldorf, 1987.
- [12] <http://www.kupferinstitut.de>

## 14. Index

- Allgemeine Informationen 2  
Anwendungen 7  
Chemische Zusammensetzung 2  
Dauerschwingfestigkeit 5  
Dichte 2  
Elastizitätsmodul 3  
Entspannungsglügen 6  
Festigkeitswerte  
  bei tiefen Temperaturen 4  
  Druckfestigkeit 4  
  nach DIN EN 1982 4  
  Scherfestigkeit 4  
Galvanisierbarkeit 7  
Gasschweißen 6  
Gefüge 4  
Gießtechnische Eigenschaften 6  
Gleiteigenschaften 6  
Hartlöten 6  
Homogenisierungsglügen 6  
Kleben 6  
Korrosionsbeständigkeit 7  
Kristallstruktur 4  
Längenausdehnungskoeffizient 2  
Lichtbogenhandschweißen 6  
Liefernachweis 7  
Liquidustemperatur 2  
Literatur 8  
Löten 6  
MIG-Schweißen 6  
Normen 5  
Oberflächenbehandlung 7  
Polieren 7  
Schweißen 6  
Schwindmaß 3  
Solidustemperatur 2  
Spanbarkeit 6  
Spez. elektrische Leitfähigkeit 3  
Spez. elektrischer Widerstand 3  
Spez. magnetische Suszeptibilität 3  
Spez. Wärmekapazität 2  
Tauchverzinnung 7  
Temperaturkoeffizient des elektr. Widerstands 3  
Verzinnung 7  
Wärmebehandlung 5  
Wärmeleitfähigkeit 2  
Warmfestigkeit 4  
Weichlöten 6  
Werkstoffbezeichnungen 6  
Widerstandsschweißen 6  
WIG-Schweißen 6  
Zeitstandwerte 5