

# Messing im Druckguss – traditionsreicher Werkstoff unter Hochdruck



Druckgussteile aus Messinglegierungen – Schaltergehäuse und Deckel für Hochseeschiffsanlagen (Abmessungen: 100 × 74 × 46 mm, Gewicht: 350 g), links, und Schaltgabel (Abmessungen: 140 × 175 × 60 mm, Gewicht: 1150 g), rechts.



VON MARCO MATTHIES, RENDSBURG

Wenn von „Druckguss“ gesprochen wird, so steht dies meistens als Synonym für Druckgussbauteile aus den Legierungen Aluminium und Zink. Unterschlagen werden dabei weitere Legierungen aus den Basiselementen Magnesium, Zinn, Blei sowie Messing. Gerade bei Messing herrscht häufig Verwunderung über die Eignung im Druckgießprozess, ausgelöst durch die besonders hohe Schmelz- bzw. Gießtemperatur. Dabei darf nicht in Vergessenheit geraten, dass Kupfer bzw. Messing zu den ältesten verwendeten Werkstoffen in der Geschichte der Menschheit zählen.

Um für das Druckgießverfahren geeignet zu sein, müssen die Legierungen gute physikalische und mechanische Eigenschaften besitzen, damit diese bei den im Druckgießverfahren vorherrschenden hohen Geschwindigkeiten vergießbar sind und im Folgeschluss unter einem hohen Druck erstarren und anschließend problemlos entformbar sind.

## Messinglegierungen

Für das Druckgießen haben sich zwei Messinglegierungen in der Norm DIN 1982 etabliert: CuZn39Pb1Al-C-GP und die Sondermessinglegierung CuZn16Si4-C-GP, auch

## KURZFASSUNG:

Messinglegierungen finden in vielen Gießverfahren eine rege Anwendung. Die Anwendung im Druckgießverfahren ist dabei eher unbekannt. Aufgrund der hohen Gießtemperaturen bei gleichzeitiger Verwendung von Dauerformen aus Warmarbeitsstahl erscheint der Einsatz von Messinglegierungen als nicht praktikabel und als unwirtschaftlich – doch nur auf den ersten Blick. Die Vorteile der Verarbeitung von Messinglegierungen im Druckgießverfahren liegen in der Möglichkeit der Fertigung von hochpräzisen, endkonturnahen Bauteilen mit hohen Abbildungsgütern, wie beim Druckguss üblich. Zudem lassen sich relativ dünnwandige und komplexe Geometrien abbilden – eine gute Alternative zur konventionellen Herstellung von Komponenten „aus dem Vollen“.

bekannt unter den Bezeichnungen Olkusil bzw. Tombasil. Die letztgenannten Begrifflichkeiten finden jedoch nur noch im englischsprachigen Raum Anwendung. In **Tabelle 1** ist die chemische Zusammensetzung der Messinglegierung CuZn39Pb1Al-C-GP aufgeführt.

Der relativ hohe Bleigehalt von 0,5 bis 2,5 %\* verbessert entscheidend die Zerspanbarkeit, eine Überschreitung der oberen Toleranzgrenze steigert jedoch die Warmbrüchigkeit, sodass ein sicheres Entformen nicht mehr gegeben ist. Durch den Zusatz von bis zu 0,8 % Aluminium wird die Zinkoxidation bzw. -verdampfung der Schmelze beim Warmhalten im Tiegelofen sowie beim Schöpfen und Dosieren verringert. Das zugegebene Nickel steigert

im Zusammenspiel mit Mangan die Korrosionsbeständigkeit. Die mechanischen Eigenschaften sind in **Tabelle 2** aufgeführt. Neben der guten Zerspanbarkeit weist diese Legierung eine gute Korrosionsbeständigkeit gegen Trink- und Brauchwasser auf.

Die Zusammensetzung der Sondermessinglegierung CuZn16Si4-C-GP unterscheidet sich deutlich von der der Messinglegierung CuZn39Pb1Al-C-GP (**Tabelle 3**).

Der Kupfergehalt liegt mit einem Wert im Bereich von 78,0 bis 83,0 % zwischen 15 und 20 % höher als bei der Messinglegierung CuZn39Pb1Al-C-GP. Der dadurch geringer ausfallende Zinkgehalt von unter 20 % steigert die Entzinkungsbeständigkeit und führt zusammen mit den Le-

**Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung der Messinglegierung CuZn39Pb1Al-C-GP [1].**

Legierungsbestandteile in %							
Cu	Zn	Pb	Al	Ni	Sn	Sonstige	
58,0–63,0	Rest	0,5–2,5	<0,8	<1,0	<1,0	1)	

1) 0,7 % Fe; 0,5 % Mn; 0,02 % P; 0,3 % Si

**Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften der Messinglegierung CuZn39Pb1Al-C-GP [1].**

Mechanische Eigenschaften						
Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in %	Härte HB	Elektrische Leitfähigkeit $\rho$ in MS/m	Dichte $\rho_s$ in kg/dm <sup>3</sup>	Schmelz- temperatur in °C
350	250	4	110	10,0–14,0	8,6	830–900

**Tabelle 3: Chemische Zusammensetzung der Sondermessinglegierung CuZn16Si4-C-GP [1].**

Legierungsbestandteile in %							
Cu	Zn	Pb	Al	Ni	Sn	Si	Sonstige
78,0–83,0	Rest	<0,8	<0,1	<1,0	<0,3	3,0–5,0	2)

2) 0,6 % Fe; 0,2 % Mn; 0,03 % P; 0,05 % Sb

gierungselementen Aluminium, Nickel und Zinn zu einer erheblichen Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit bis hin zur Seewasserbeständigkeit. Ein Bleianteil von bis zu 0,8 % dient auch hier zur Erleichterung der Zerspanbarkeit. Diese Legierung lässt sich jedoch nur mit Hartmetallwerkzeugen bearbeiten. Der relativ hohe Anteil an Silicium im Bereich von 3,0 bis 5,0 % steigert neben der Dünnschmelzbarkeit die Zugfestigkeit auf einen Wert von bis zu 500 N/mm<sup>2</sup> (Tabelle 4), bei gleichzeitiger Senkung des Schmelzpunktes. Der starke Einfluss dieses Legierungselements führte zur Namensausprägung Silicium-Tombak (Tombak vom malaysischen Namen für Kupfer „Tambaga“ [2]).

### Signifikante Unterschiede zwischen Messinglegierungen und Aluminium- und Zinklegierungen

Die Verwendung von Messinglegierungen für das Druckgießen stellt an den Gießer Anforderungen, die es in diesem Ausmaß bei Aluminium- oder Zinklegierungen nicht gibt. Es seien im Folgenden die signifikantesten Unterschiede genannt:

#### Gießtemperatur:

Während die Gießtemperatur beim Aluminiumdruckgießen im Bereich von 640 bis

710 °C und beim Zinkdruckgießen zwischen 410 bis 430 °C liegt, lassen sich Messinglegierungen beim Druckgießen erst ab Temperaturen von 960 bis 1050 °C vergießen. Das bedeutet zum einen, dass die Befuerungseinrichtung der Schmelztiegel für derartige Temperaturen ausgelegt und zum anderen eine wirtschaftliche Schmelzleistung mit diesen erreichbar sein muss. Die Tiegel an sich sollen aus Materialien gefertigt sein, die sowohl eine gute Speicherung der Wärme als auch eine lange Standzeit aufweisen.

#### Temperaturdifferenz $\Delta T$ :

Betrachtet man die Temperaturdifferenz unmittelbar nach Öffnen der Form, über das Auswerfen des Gussteils, das Sprühen der Kavitäten und das Schließen der Form bis zum folgenden Füllen der Form mit flüssigem Metall, so lässt sich bei Aluminium- und Zinklegierungen zusammenfassend ein Temperaturintervall von 50 bis 250 K darstellen. Bei Messinglegierungen liegen die Werte in einem viel höheren Bereich, etwa zwischen 500 bis 600 K [4]. Die Formgravur mit allen dazugehörigen Bestandteilen, wie z. B. eingesetzten Kernen, vorstehenden Stegen und/oder scharfkantigen Übergängen, ist somit sehr starken thermischen Belastungen ausgesetzt. Bei diesem  $\Delta T$  befindet sich der Warmarbeitsstahl permanent von Zyklus zu Zyklus im

Stresszustand zwischen der fast erreichten Anlasstemperatur beim Formfüllen und der anschließenden Abschrecktemperatur nach dem Ausstoßen des Gussteils und dem Sprühen der Kavitäten (Bild 1).

#### Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit:

Geht man von den erreichbaren Werten für die Zugfestigkeit aus, so werden ohne Wärmebehandlungsmaßnahmen im Durchschnitt ca. 240 N/mm<sup>2</sup> bei gängigem Al und ca. 300 N/mm<sup>2</sup> bei Zink erreicht. Im Vergleich dazu sind bei Messing Zugfestigkeiten um die 350 N/mm<sup>2</sup> und bei Tombak um 500 N/mm<sup>2</sup> erreichbar. Es ist also möglich, die beim Druckgießen erreichbaren vorteilhaften kleinen Wanddicken des Bauteils mit gesteigerten Anforderungen an die Festigkeit zu kombinieren und schlussendlich zu realisieren. Gepaart mit der bereits erwähnten guten Korrosionsbeständigkeit von Messing gegenüber Trink- und Brauchwässern und einer sehr guten Beständigkeit von Tombak bei Seewasser, beschränken sich die Einsatzgebiete dieser Legierungen nicht mehr nur auf den sanitären Sektor. Vielmehr finden sich Druckgussteile aus Messinglegierungen im Offshore-Bereich und im maritimen Sektor wieder, denn komplexe dünnwandige Bauteile, die meist ohne aufwendige Oberflächenveredelungen auskommen, führen zu Einsparungspotentialen.

Tabelle 4: Mechanische Eigenschaften der Sondermessinglegierung CuZn 16Si4-C-GP [1].

Mechanische Eigenschaften						
Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in %	Härte HB	Elektrische Leitfähigkeit $\rho$ in MS/m	Dichte $\rho_s$ in kg/dm <sup>3</sup>	Schmelz- temperatur in °C
500	300	8	130	3	8,5	950-1000

**Oberflächenrauheit:**

Aufgrund der hohen Gießtemperaturen und des schon erwähnten  $\Delta T$  bei Messinglegierungen im Druckgießverfahren findet ein Verschleiß der Oberfläche der Formgravuren bereits sehr früh statt. Daraus resultiert eine Vergrößerung der Oberflächenrauheit, die im Bereich von 40 bis 63  $\mu m$  liegt. Es gibt jedoch noch eine zweite Ursache für die erhöhte Rauheit. Die Schmelze an sich erstarrt zu einem groberen Gefüge als bei Aluminium- oder Zinklegierungen. Auf die genaue werkstoffkundliche Analyse wird jedoch an dieser Stelle verzichtet.

**Maßgenauigkeiten:**

Aufgrund der erhöhten Warmbrüchigkeit von im Druckgießverfahren verarbeiteten Messinglegierungen müssen die Mindestwanddicken von Gussteilen zwischen 2 bis 3 mm als absolutes Minimum angenommen werden. Andernfalls wäre ein sicheres Entformen des Gussstücks nicht mehr gewährleistet. Hierbei spielt jedoch auch die richtige Wahl der Entformungsschragen eine Rolle. Da Messinglegierungen ein Schwindmaß von 1,8 bis 2,3 % aufweisen, sollten die Aushebeschragen mindestens 1,5°, besser jedoch 2° pro Seite betragen. Durch das Schwindmaß werden sämtliche Gussteilmaße beeinflusst. Als einhaltbare Toleranzen für alle nicht mechanisch bearbeiteten Bereiche gelten nach DIN 1687, Teil 4, die Genauigkeits-

bereiche GTA13/5, GTA 14, GTA 14/5 und GTA 15 [3] (Tabelle 5).

**Formstandzeit:**

Die gravierendsten Unterschiede zwischen Druckguss aus Messing und Druckguss aus Aluminium bzw. Zink zeigen sich in den Angaben über die Formstandzeit, gemessen nach der Zahl der Abgüsse (maximale Ausbringungsmenge an Gussteilen aus dem Druckgießwerkzeug) bis zum völligen Verschleiß der Formgravuren. Angenommen wurde ein Bauteil mit den Maßen 200 x 100 x 20 mm. Während Bauteile aus Aluminiumlegierungen mit dieser Geometrie im Durchschnitt mindestens 100 000 Abgüsse als Ausbringung garantieren und Bauteile aus Zinklegierungen sogar weit über 250 000 Stück erbringen, liegt bei dem angenommenen Beispiel die maximale Ausbringung bei ca. 20 000 Stück [4]. Theoretisch lassen sich noch etwa 25 % mehr ausbringen. Die Nacharbeit steigt allerdings stetig an, so dass die Wirtschaftlichkeit des Druckgießverfahrens beeinträchtigt wird. Aufgrund dieses hohen Verschleißes ist stets eine Abschätzung nötig, ob Messinglegierungen im Druckgießverfahren zu verarbeiten sind.

**Anforderungen an den Prozess**

Die erforderliche hohe Gießtemperatur der Schmelze, die während des Zyklusses insbesondere an den direkt mit dem sehr heißen,

flüssigen Metall in Berührung kommenden Komponenten, wie dem Gießkolben, der Gießkammer und den Formhohlräumen, vorherrscht, stellt maximale Anforderungen an die Materialauswahl dieser Stahlelemente. Hohe Beständigkeiten gegen Brandrisbildung, eine sehr gute Anlass- und Temperaturwechselbeständigkeit, eine gute Warmzähigkeit sowie gute Widerstandswerte gegen Warmverschleiß sind die wichtigsten an dieser Stelle zu nennenden Eigenschaften, die ein Warmarbeitsstahl bei der Herstellung von Messingdruckguss aufweisen sollte. Bei diesen Schlagwörtern darf allerdings nicht vergessen werden, dass eine sehr wichtige und fast schon selbstverständlich klingende Anforderung natürlich die Möglichkeit der mechanischen bzw. spanenden Bearbeitung ist. Denn selbst der am besten geeignete Warmarbeitsstahl ist so gut wie unbrauchbar für das Druckgießen, wenn sich hier nicht die gewünschten Kavitäten, Auswerferbohrungen und das nötige Gießsystem wirtschaftlich einbringen lassen.

Neben den materiellen Anforderungen hat gerade die Peripherieinsel - Druckgießmaschine mit dem Druckgießwerkzeug, den Temperiergeräten, dem Tiegelofen und der Sprüheinrichtung - einen großen Einfluss auf das Gelingen bei der Herstellung von Gussteilen aus Messing. Schon kleinere Probleme bei der richtigen Temperierung der Formeinsätze oder ein falsches, weil zu kurzes oder undifferenziertes Sprühen der Kavitäten nach dem Auswerfen des Gussteils, kann über Gut- oder Ausschussteil entscheiden. Daher sollte hier bereits zu Beginn des Prozesses eine genaue Analyse der thermischen Verhältnisse im Druckgießwerkzeug bzw. in den Einsätzen des selbigen durchgeführt werden. Nur so können spätere Probleme systematisch im Voraus verhindert werden.

**Entscheidende Vorteile**

Trotz der o. g. Nachteile lassen sich mit Messinglegierungen die im Druckgießverfahren typischen Vorteile voll ausreizen, wie z. B. die Realisierung von komplexen Geometrien und die hohe prozesssichere Abbildungstreue der Bauteile. Konstruktiv anspruchsvolle Komponenten mit kleinen Wanddicken sind problemlos gießbar und führen zum Entfall einer aufwendigen und

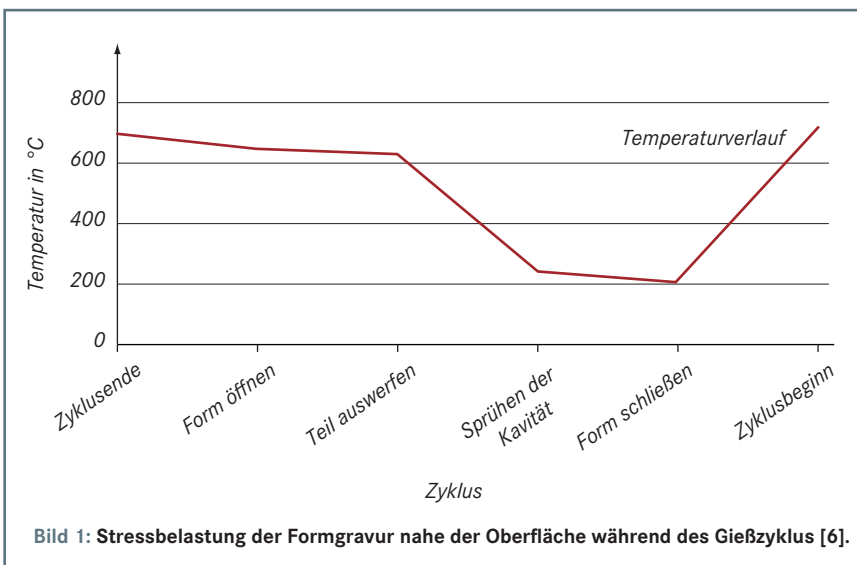


Bild 1: Stressbelastung der Formgravur nahe der Oberfläche während des Gießzyklus [6].

**Tabelle 5: Einhaltbare Toleranzen für Maße von Gussteilen aus Messinglegierungen – gültig für alle nicht mechanisch bearbeiteten Bereiche [5].**

Abmaße für			Längenmaße (Längen, Breiten, Höhen, Rundungen, Durchmesser) in mm									Dickenmaße (Wanddicken, Stege, Rippen) in mm			
			Nennmaßbereich									Nennmaßbereich			
R <sup>1)</sup>	GK <sup>2)</sup>	FA <sup>3)</sup>	bis 18	über 18	über 30	über 50	über 80	über 120	über 180	über 250	über 315	über 400	bis 3	über 3	über 6
				bis 30	bis 50	bis 80	bis 120	bis 180	bis 250	bis 315	bis 400	bis 500		bis 6	über 10
bis 50	GTA 13/5	formgebunden	±0,17	±0,2	±0,25								±0,15	±0,2	±0,2
		nicht formgebunden	±0,27	±0,3	±0,35								±0,25	±0,3	±0,3
bis 180	GTA 14	formgebunden	±0,22	±0,26	±0,31	±0,37	±0,44	±0,5					±0,2	±0,25	±0,3
		nicht formgebunden	±0,37	±0,41	±0,46	±0,52	±0,59	±0,65					±0,35	±0,4	±0,45
über 50	GTA 14/5	formgebunden	±0,25	±0,35	±0,4	±0,45	±0,55	±0,65	±0,75	±0,8	±0,9	±1,0	±0,25	±0,3	±0,35
		nicht formgebunden	±0,45	±0,55	±0,6	±0,65	±0,75	±0,85	±0,95	±1,0	±1,1	±1,2	±0,45	±0,5	±0,55
über 180	GTA 15	formgebunden	±0,35	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,8	±0,95	±1,1	±1,2	±1,3	±0,3	±0,4	±0,45
		nicht formgebunden	±0,55	±0,6	±0,7	±0,8	±0,9	±1,0	±1,1	±1,3	±1,4	±1,5	±0,5	±0,6	±0,65

1) R – Raumdiagonale; 2) GK – Genauigkeitsklasse; 3) FA – Formabhängigkeiten

kostenintensiven Nacharbeit. Bauteile mit einem Stückgewicht von wenigen Gramm (siehe Bild S. 38, links) bis zu mehreren Kilogramm sind problemlos realisierbar. Auch Festigkeiten von 350 bis 500 N/mm<sup>2</sup> bei Messing bzw. Tombak ermöglichen die Substitution von gängigen Standard-Stahl-sorten, wie z. B. S235JR. Für den Einsatz in Sanitär- bzw. wasserdurchfließenden Bereichen wird durch die gute Beständigkeit gegen Korrosion eine ausgezeichnete Langlebigkeit erreicht – und dies ohne zusätzliche Oberflächenveredelungsprozesse. Die Legierung Tombak ist zudem extrem entzinkungsbeständig und durch die Seewasserbeständigkeit gerade für den Offshorebereich geeignet. Vergleicht man bei den bereits genannten Vorteilen abschließend noch einmal die Dichten, so lässt sich feststellen, dass diese bei Messinglegierungen etwas höher ausfällt (8,6 kg/dm<sup>3</sup>) als bei dem bereits erwähnten Stahl S235JR (7,85 kg/dm<sup>3</sup>). Dieser Unterschied wird beim Gussteil aber wieder durch geringere Wanddicken und folglich durch eine enorme Materialersparnis aufgehoben.

### Komponentengießverfahren

Beim Komponentengießverfahren werden Eingießteile aus Stahl- bzw. Edelstahllegierungen in die Messingteile mit eingegossen. Für Bauteile, die in Teilbereichen dynamisch hoch beansprucht werden, wie z. B. die Lagerungen von Schaltgabeln, lassen sich Buchsen eingießen, um so die Langlebigkeit der Gabel (siehe Bild S. 38,

rechts) zu gewährleisten. Für die Eignung müssen die Eingießteile auf der zu umgebenden Oberfläche Riffelungen oder Rändelungen aufweisen, um fest im Gussteil eingebunden zu sein.

Die Einsatzgebiete für Druckgussteile aus Messinglegierungen sind damit derart vielfältig, dass in vielen Fällen über eine zukünftige Verfahrens- und Materialsubstitution nachgedacht werden sollte.

### Fazit

Beim Schlagwort „Druckguss“ wird zu häufig nur von den klassischen Legierungen ausgegangen, es gibt aber durchaus noch weitere. Dies sind Legierungen auf Cu- und Zn-Basis, also Messing- und Sondermessinglegierungen, deren Eignung für das Druckgießverfahren genauso gegeben ist wie für Al- und Zn-Legierungen. Die gute Gießbarkeit bildet die Basis für die Verwendung im Druckgießverfahren, die mechanischen Eigenschaften definieren die Einsatzgebiete. Endkonturnähe und abbildungstreue Gussteile sind das Resultat des Druckgießens und machen die Messinglegierungen somit zu guten Konstruktionswerkstoffen mit guten Festigkeitswerten. Der Anteil der mechanischen Nachbearbeitung ist also deutlich geringer als die Bearbeitung „aus dem Vollen“ bei vergleichbaren Werkstoffen. Bei den Sondermessinglegierungen (Tombak) führt die sehr gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber Seewasser sogar zu Einsatzgebieten im maritimen bzw. Offshore-Bereich. Oberflächenbehandlungen, um das

Material zu konservieren und/oder zu schützen, müssen dann nicht mehr durchgeführt werden. Diese dienen lediglich der optischen Veränderung und sind damit rein optional. Dies ist ein weiterer Aspekt der Wirtschaftlichkeitssteigerung. Die Verarbeitung von Messing- und Sondermessinglegierungen durch Druckgießen verschafft Wettbewerbsvorteile und kann helfen, Kosten zu senken bzw. einzusparen. Bei Neuprojekten sollte diese Betrachtung mit einfließen – eine Substitution von derzeit eingesetzten Materialien mit Kupfer-Zink-Legierungen sollte deshalb immer geprüft werden.

Dipl.-Wirtsch. Ing. (BA) Marco Matthies, Matthies Druckguss GmbH & Co. KG, Rendsburg

### Literatur:

- [1] Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing). Deutsches Kupferinstitut, Informationsdruck i.5, 03/2007.
- [2] Domke, W.: Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung. 2. Auflage, Girardet, Essen, 1964.
- [3] DIN Taschenbuch 455. Gießereiwesen 2 – Nichteisenmetallguss. 1. Auflage, Beuth Verlag, 10/1999.
- [4] Praktische Versuche Messing-Druckguss. Matthies Druckguss GmbH & Co. KG, 2008-2009.
- [5] Druckguss aus NE Metallen. Technische Richtlinien, VDD, 04/2008.
- [6] Stressverhalten im Temperaturverlauf der Druckguss-Form bei Messing-Druckguss. Matthies Druckguss GmbH & Co. KG, 2009.