

PROJEKTBERICHT

Entwicklung, Herstellung und thermoplastisches Formen nickel-freier, platinbasierter und biokompatibler metallischer Massivgläser

Das Forschungsvorhaben zielte darauf ab, die prinzipielle Eignung von massiven metallischen Gläsern (MMG) auf Platinbasis als Schmuckwerkstoff zu untersuchen und eine Basis für deren industriellen Einsatz zu schaffen. Hierfür sollten für die entwickelten Legierungen Eigenschaftsprofile ermittelt werden, die den Transfer in die industrielle Praxis erleichtern. Die Herstellung einer P-haltigen Vorlegierung und ein geeignetes Recyclingkonzept sollten im Hinblick auf die in der Industrie angewendeten Prozesse erarbeitet werden. Ein weiteres Ziel war die Evaluierung der Übertragbarkeit von Anlagen- und Prozesstechnik des Schmuckgusses auf die Prozessierbarkeit der Platingläser. Zudem sollte der Einsatz von thermoplastischen Formgebungsverfahren die mögliche Designvielfalt aufzeigen.

1. Herstellung von Platingläsern

Im Rahmen der Legierungsentwicklung wurden beim Projektpartner, dem Lehrstuhl für metallische Werkstoffe (LMW) an der Universität des Saarlandes, unterschiedliche Legierungssysteme synthetisiert und auf ihre Glasbildungsfähigkeit sowie ihre thermophysikalischen Eigenschaften untersucht. Ziel war es, möglichst Ni/Co-freie Zusammensetzungen zu finden, die keinen Patenten unterliegen und somit für den deutschen und europäischen Markt geeignet sind. Mit der Legierung $Pt_{58}Cu_{21}P_{21}$ wurde eine Legierung mit genau 85 Gew.% Platin gefunden, die eine kritische Dicke von 7 mm aufweist und ab August 2021 nicht mehr patentrechtlich geschützt ist.

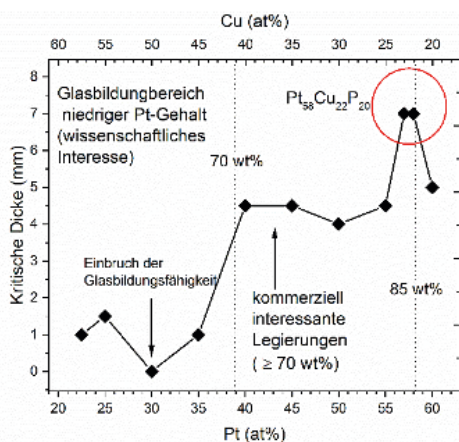


Abb. 1: Variation der kritischen Dicke mit dem Platin- und Kupfergehalt in System Pt-Cu-P₂₀

Im Fall der Platingläser ist Phosphor das Element, das die Bildung eines MMG überhaupt erst ermöglicht. Jedoch stellt das Legieren von Phosphor mit hochschmelzenden Metallen be-

sondere technische Herausforderung dar. Bisher ließen sich nur kleine Mengen der Legierung in einem Quarzrohr synthetisieren. Um diesen Prozess zu erleichtern und das Hochskalieren auf größere Mengen (> 500 g) zu ermöglichen, lag ein Fokus des Forschungsvorhabens auf der Herstellung einer Vorlegierung mit möglichst hohem P-Gehalt.

Vielversprechende Ergebnisse im Labormaßstab lieferte der Weg über die Dampfphase in einer versiegelten Glasampulle mit Ar-Atmosphäre in einem resistiven Horizontalofen. Hierbei konnten P-Gehalte bis ca. 22 Gew.% (62 At.%) erzielt werden, die zur ca. vierfachen Menge der Endlegierung verdünnt werden konnten.

2. Gießtechnik Pt-basierter MMG

Die hohen Schmelztemperaturen konventioneller Platinschmucklegierungen stellen für das Tiegelmateriale und die Einbettmasse eine große Belastung dar. Sehr viel niedrigere Liquidustemperaturen vereinfachen die Verarbeitung der Platingläser im Gießprozess stark. Zudem ermöglicht die in dieser Materialklasse ausbleibende Erstarrungsschrumpfung das Gießen von endformnahen, lunkerfreien Schmuckstücken.

Die Studie zum Feinguss in handelsübliche Einbettmassen sollte die Übertragbarkeit des Prozesses prinzipiell überprüfen. Im Schleudergussverfahren und mit einer Standard-Einbettmasse konnte ein amorpher Solitaire-Ring aus der Legierung $Pt_{42,5}Cu_{27}Ni_{9,5}P_{21}$ gegossen werden. Die amorphe Struktur des Ringes wurde durch Röntgendiffraktion (XRD) verifiziert (Abb. 2). Aus derselben Legierung wurde ein Gussbaum mit 6 Ringen gegossen; er erstarrte aber kristallin. Dies deutet dar-



Abb. 2a: Gegossener Ring mit Anguss aus $Pt_{42,5}Cu_{27}Ni_{9,5}P_{21}$

auf hin, dass keine hinreichend schnelle Abkühlung möglich war. Der Grund könnte in der Baumanordnung und dem durch sie verursachten Hitzestau liegen.

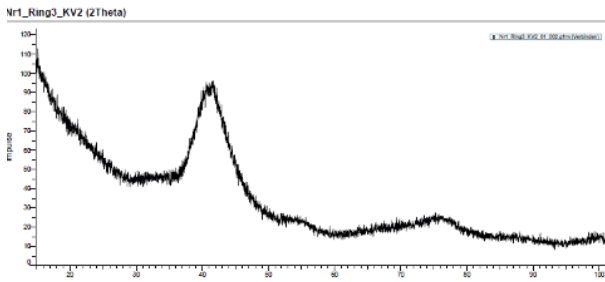


Abb. 2b: Röntgen-Diffraktogramm des Rings aus $\text{Pt}_{42,5}\text{Cu}_{27}\text{Ni}_{9,5}\text{P}_{21}$

Die bisherigen Ergebnisse zeigen somit die prinzipielle Prozessierbarkeit von MMG im Feinguss. Das Potential dieser Legierungsklasse im Feinguss wird ersichtlich und die Probleme, die sich beim Hochskalieren ergeben, demonstrieren die Notwendigkeit von geeigneten Lösungsansätzen.

Während der Forschungsarbeit konnten in Kooperation mit der Fa. AMS auf Basis eines ersten Demonstrators erfolgreich einzelne Ringe aus Zr-, Pd- und Pt-basierten-MMG im Druckgussverfahren hergestellt werden (Abb. 3).



Abb. 3: Durch PA-Mitglied Barth²foryou professionell aufpolierter amorpher Ring der Legierung $\text{Pt}_{58}\text{Cu}_{21}\text{P}_{21}$ (oben); im Druckgussverfahren hergestellte Ringe mit nachträglich gesetzten Steinen und Fräsungen aus Zr-basierten MMG (unten)

3. Aufnahme von Eigenschaftsprofilen

Zu den wichtigsten Ergebnissen des Projekts zählt die Erstellung von Werkstoffdatenblättern, an Hand derer der Nutzer sich einen schnellen Überblick über die besonderen Eigenschaften der Legierungen und deren Besonderheiten beim Verarbeiten verschaffen kann. Damit können die Vorteile der MMG besser in die Industrie kommuniziert und der Zugang zu dieser momentan noch etwas exotischen Materialklasse erleichtert werden.

4. Edelmetallrückgewinnung

Im Rahmen eines nachhaltigen Produktkreislaufes ist auch das Recycling des Materials bei der Scheidung ein wichtiger Aspekt. Hier stellt insbesondere der hohe P-Gehalt die größte Herausforderung dar, da er zur Passivierung der Legierung führen und das Scheiden erschweren kann. Deshalb wurden unterschiedliche Ansätze untersucht, um das Platin aus den Legierungen zu lösen. Bei einer hinreichend hohen Verdünnung des Platinglases mit einer konventionellen Goldlegierung konnte im konventionellen Scheideprozess ein verlustfreies Herauslösen der Edelmetalle erreicht werden.

5. Fazit

Im Rahmen des Projekts wurde die prinzipielle Eignung der Platingläser als Schmuckwerkstoff aufgezeigt. Die Machbarkeit der Vorlegierungsherstellung, des Feingusses und der Edelmetallscheidung im industriellen Prozess ließen sich nachweisen. Es ist gelungen, einen Technologie-Reifegrad von ca. 3 zu erzielen und eine neues, auf diesen Resultaten basierendes Projekt erfolgreich zu beantragen. Ziel der weiterführenden Forschungsarbeit ist es, einen Technologie-Reifegrad von 5 bis 6 zu erzielen; das entspricht der Demonstration der Prozesstechnik in Einsatzumgebung.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 19979 N der Forschungsvereinigung Edelmetalle + Metallchemie wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IGF 19979 N

1.4.2018 – 31.7.2020

INDUSTRIEPARTNER

Agosi AG | Amorphous Metal Solutions GmbH | Barth²foryou GmbH | Christian Bauer Schmuck GmbH & Co.KG | Heraeus Deutschland GmbH & Co.KG | L.C. Köhler GmbH | Nonnenmacher GmbH | Scheideanstalt Bruno Welz GmbH

FORSCHUNGSPARTNER

LMW | Lehrstuhl für metallische Werkstoffe an der Universität des Saarlandes

ANSPRECHPARTNER

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd | Deutschland
Dr. Miriam Eisenbart, eisenbart@fem-online.de, T +49 7171 1006-704 | M.Sc. Lisa-Yvonn Schmitt, schmitt@fem-online.de