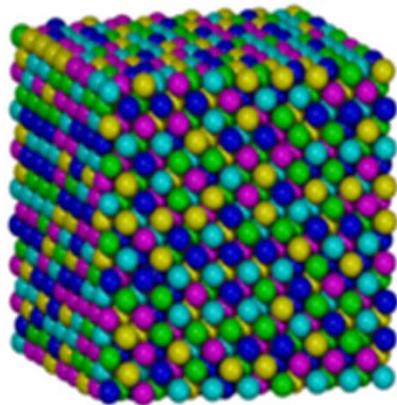


Adaptierung des Spritzgießverfahrens zur Untersuchung der mechanischen Eigenschaften von High-Entropy-Legierungen

Volker Plotter, Julia Wagner*, Yizhou Chen, Martin Heilmaier

Institut für Angewandte Materialien - Werkstoffkunde (IAM-WK)

* Universität Stuttgart, IMW



Quelle: <https://en.wikipedia.org/>



Quelle: <https://www.iam.kit.edu/wpt/>



Gliederung

- 1. Motivation und Zielsetzung
- 2. High-Entropy-Alloys (HEA)
- 3. Pulverspritzgießen (PIM)
- 4. Arbeitsprogramm
- 5. Weiterführende Projekte

Motivation und Zielsetzung

■ Motivation

- HEA → möglicher Ersatz für klassische HT-Legierungen
- PIM → wirtschaftliche Massenproduktion , komplexe Bauteilgeometrien

■ Zielsetzung

- Adaptierung des Pulverspritzgießen zur Verarbeitung einer HE-Legierung
- Vergleich der mechanischen Eigenschaften zwischen einer schmelzmetallurgisch und pulvermetallurgisch hergestellten HE-Legierung

Motivation und Zielsetzung

■ Fragestellungen

- Kann eine pulverspritzfähige HEA-Formmasse hergestellt werden?
- Wie sieht das Gefüge nach dem Sintern aus?
- Ist zur Homogenisierung noch eine Wärmebehandlung nötig?
- Vergleich der erhaltenen Mikrostrukturen mit jenen aus anderen Herstellungsverfahren (z.B. Schmelzmetallurgie)?
- Vergleich der mechanischen Eigenschaften von PIM-Zugproben bei verschiedenen Temperaturen mit schmelzmetallurgisch hergestellten Proben?
- Worin besteht der Forschungsbedarf für ein zukünftiges umfangreicheres Projekt ?

High-Entropy-Alloys (HEA)

Hauptlegierungselemente

- Mindestens 5 Hauptelemente
- Equiatomar (bei CCA: jeweils 5 ~ 35 at.%)

Haupteffekt

- Hohe Mischungsentropie

Bildung thermodynamisch stabiler Mischkristalle

- einphasig bzw. geringe Anzahl Phasen

Herausragende Eigenschaften

**Bessere mechanische Eigenschaften (Festigkeit, Duktilität)
bei höheren Temperaturen**

**=> Höhere Wirkungsgrade, geringere Emissionen bei
Verbrennungsmotoren, Gasturbinen etc.**

High-Entropy-Legierungen (HEA)

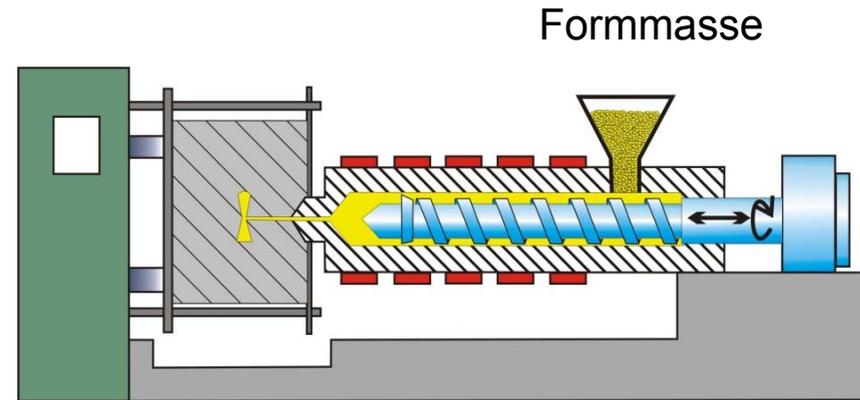
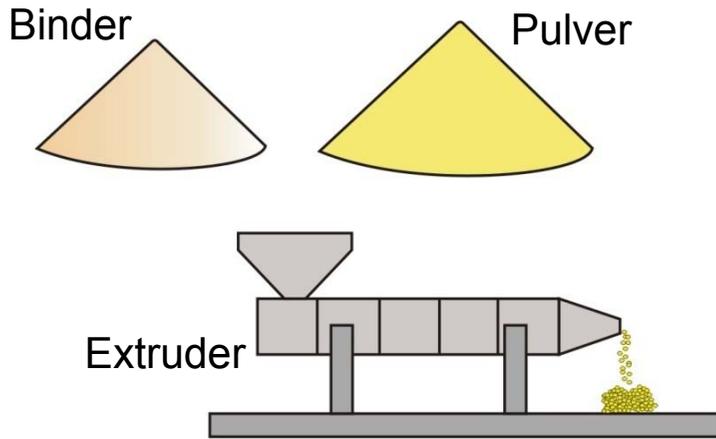
sog. Cantor-Legierung

- Co: 20 at.%, Cr: 20 at.%, Fe: 20 at.%, Mn: 20 at.%, Ni: 20 at.%
- Einphasig
- Kubisch-flächenzentriert (kfz)
- Üblich: schmelzmetallurgische Verarbeitung
- Erste Versuche zu pulvermetallurgischer Verarbeitung:
Mechanisches Legieren (MA) + Spark-Plasma-Sintern (SPS)

Pulverspritzgießen (PIM)

Formmassenherstellung

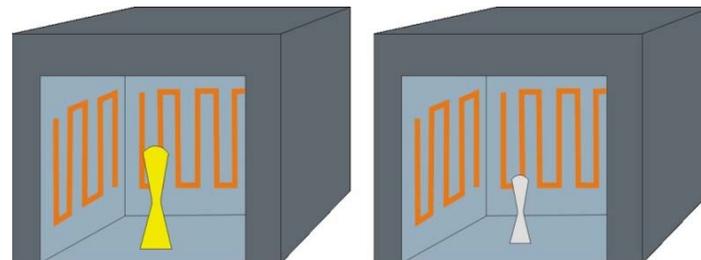
Spritzgießen



→ Massenproduktion

Entbindern → Sintern

Sinterschrumpf



Herausragende Eigenschaften

Hohe Materialvielfalt

Hohe Gestaltungsfreiheit

Near-net-shape Prozess

Großserienfertigung

Arbeitsprogramm

AP 1: Herstellung Kleinzugproben

AP 1.1: Bereitstellung der Metallpulver

Beschaffung und Charakterisierung (XRD) der Pulver

Erschmelzen, Gasverdüsung < 100 μm , sphärische Partikel

AP 1.2: Formmassenentwicklung

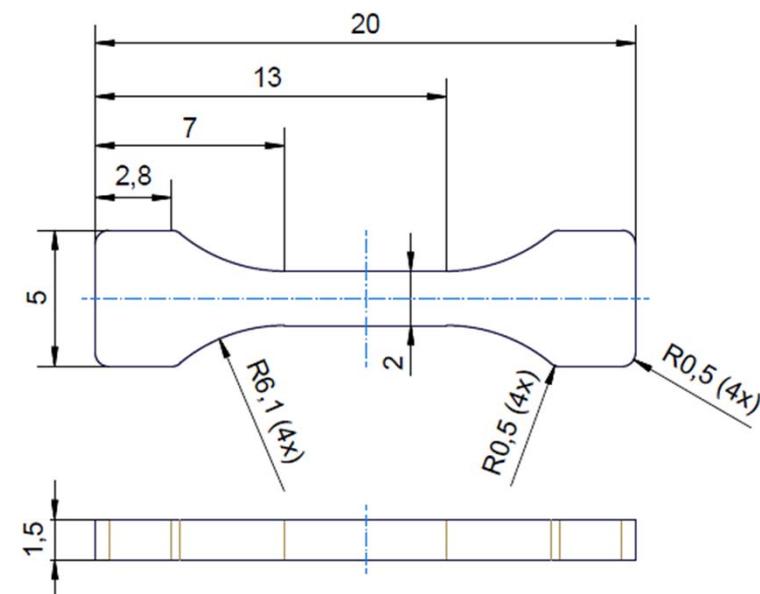
DoE Untersuchung Pulverfüllgrad, Pulveranteil: ca. 60 Vol%

Zielgröße: Hysteresefreie Viskositätskurven bis ca. 40.000 s^{-1}

AP 1.3: Spritzgießversuche

DoE Parameterentwicklung

PIM von Kleinzugproben



AP 1: Herstellung Kleinzugproben

- AP 1.1: Bereitstellung der Metallpulver
 - Beschaffung und Charakterisierung (XRD) der Pulver
 - Erschmelzen, Gasverdüsung < 100 μm , sphärische Partikel
- AP 1.2: Formmassenentwicklung
 - DoE Untersuchung Pulverfüllgrad
 - Pulveranteil: ca. 60 Vol%
 - Zielgröße: Hysteresefreie Viskositätskurven bis ca. 40.000 s^{-1}
- AP 1.3: Spritzgießversuche
 - DoE Parameterentwicklung
 - PIM von Kleinzugproben
- AP 1.4: Sintern
 - Modifizierung der Sinterparameter
 - Iterative Erforschung des Sinterprozesses
 - Ziele: $\geq 95\%$ der theoretischen Dichte, homogenes Gefüge
- AP 1.5: Thermische Nachbehandlung
 - Glühen gesinterter HEA-PIM Proben

Arbeitsprogramm

AP 2: Mikrostrukturelle Charakterisierung

XRD, Schliffe (Lichtmikroskopie, REM) und EDX

EBSD

Atomsonde (Präparation mittels FIB und Elektropolieren, Messung und Analyse)

AP 3: Mechanische Materialprüfung

Adaption der Zugprüfeinspannbacken auf die PIM-Probengeometrie für den Einsatz bei hohen Temperaturen

Zugversuche bei RT und erhöhter T

Abschätzung Anwendungspotential und weiterer F+E Bedarf

Weiterführende Projekte

DFG-Schwerpunktprogramm

Legierungen mit komplexer Zusammensetzung – Hochentropielegierungen (CCA – HEA)

(Koordinator: Prof. Dr. Uwe Glatzel, Universität Bayreuth)

Stichpunkte:

- Non-equiatomare Legierungen (CCA)
- Einfluss der Sinterregime
- Legierungshomogenität
- (Rest-)Kohlenstoffgehalte
- ggf. thermische Nachbehandlung
- Abgleich Simulation/Experiment

*Vielen Dank
für
Ihre Aufmerksamkeit !*