

Öfen für die Additive Fertigung

Rapid Prototyping, Rapid Tooling und 3-D Druck

Beim 3D Druck und Rapid Prototyping können verschiedene Materialien (Kunststoffe, Metalle, Keramik) zum Einsatz kommen. Bei Metallen und Keramik muss man noch unterscheiden, ob das Material direkt im 3-D Drucker mit Laser gesintert wird oder ob das Material mit organischem Binder (Wachs, Polyacryl, usw.) gemischt wird. Es entsteht ein sogenannter Feedstock. Dieser lässt sich dann mit preiswerten 3-D Druckern wie Plastik verarbeiten. Nachträglich wird der Binder entfernt (ausbrennen bis 700 °C, katalytisch zersetzen 110 °C-140 °C [Catamold-Prozess] oder ausgewaschen). Diese Technik wurde aus der Pulvermetallurgie (MIM = Metall Injection Moulding) übernommen.

Im Gegensatz zu Guss, Spritzguss oder den konventionellen pulvermetallurgischen Produktionsmethoden handelt es sich bei den im 3-D Druck hergestellten Teilen häufig um Unikate, z. B. Prothetik-Teile und Kleinserien.

Die Teile selbst sind wegen des vergleichsweise langsamen Druckprozesses ebenfalls meist klein. Es werden daher auch eher kleine Öfen benötigt. Das kann bei 1 l Nutzraum anfangen.

Die 3-D Druck Anwender kommen häufig aus Bereichen, die vorher wenig mit Wärmebehandlung und Sintern zu tun hatten. Hier herrscht ein großer Bedarf an möglichst preiswerten, multifunktionalen Öfen. Daneben können auch Betriebe wie Gießereien oder Aluminiumspritzgießer Interesse an kleinen Öfen für 3-D Druckteile haben, um damit nicht große Produktionsöfen zu belegen.

1. Kunststoffe

- a. Aushärten: Teile die aus Kunststoffen hergestellt wurden erfordern manchmal eine thermische Aushärtung, dafür können Trockenschränke der Baureihe LHT verwendet werden.
- b. Trocknen: werden Hilfsstrukturen aus wasserlöslichen Polymeren verwendet ,die später ausgewaschen werden, kommen ebenfalls Trockenschränke der Baureihe LHT zum Einsatz.
- c. Gießen: Kunststoffmodelle dienen häufig als Urmodell. Sie werden zur Herstellung von Silikonformen verwendet. Aus diesen lassen sich Gießkerne herstellen. Mit LINN Kipp-Gießmaschinen oder induktiv beheizten Zentrifugalgießmaschinen der Baureihe Supercast/ Titancast lässt sich die Urform dann beliebig oft in Metall herstellen.



*LHT Trockenschrank (Tmax 300 °C).
Ofen zum Trocknen und Aushärten*



*Supercast. Induktive
Zentrifugalgießmaschine*



Induktive Kipp-Gießmaschine

2. Metall / Hartmetall/Keramik

- a. Spannungsarmglühen, Anlassen, Wärmebehandeln: Teile, die direkt mit dem Laser im Drucker gesintert wurden, erfordern oft eine thermische Nachbehandlung unter Schutzgas bis 1100 °C, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Für Eisenlegierungen sind Öfen der Baureihe HK mit Gasspülung geeignet. Geeignet für empfindliche Metalle wie Titan, das nachträglich bei ca. 950 °C im Vakuum oder sehr sauberen Argon (99,999% = N5 Qualität) behandelt wird, sind Öfen der Baureihen KS-S/Vac oder VMK-S/Vac. Diese werden auch bei Edelstählen eingesetzt. Für Aluminiumteile können Umluftöfen der Baureihe LHT bis 300 °C, Öfen der Baureihe AK oder bei hohen Anforderungen an die Temperaturgleichmäßigkeit Öfen der Baureihe KK-U oder KK-UL bis 550 °C verwendet werden.
- b. Schmelzen: Manchmal wird auch nur ein poröses Teil hergestellt, das dann später in einer Metallschmelze infiltriert wird. Hierzu können Öfen der Baureihe HK mit Option Gasspüleinrichtung und Blechhülle, oder wenn induktiv geschmolzen wird, Mittelfrequenzgeneratoren der Baureihe MFG verwendet werden. Für empfindliche Metalle sind Öfen der Baureihe KS-S (Tmax 1150 °C) oder für darüber hinausgehende Temperaturbereiche Öfen der Baureihe HT erforderlich, die unter Schutzgas und/oder Vakuum arbeiten können.
- c. Hartmetallteile werden häufig im Ofen unter Überdruck nachverdichtet. In Frage kommen hierfür Überdrucköfen der Baureihe FKH/GKH/Rubistar (Tmax 2400 °C, 60-100 bar). Es wird aber meist bei Drücken um 1000 bar gearbeitet (HIP, Heiss-Isostatische Pressen, welche wir nicht im Programm haben).



VMK-135-S (Tmax 1050 °C),
schutzgas – und vakuumdicht, verschiedene
Größen



KS-S 240 (Tmax 1200 °C),
schutzgas- und vakuumdicht,
verschiedene Größen



KK-U 75 (Tmax 850 °C) mit
Umlufteinsatz, verschiedene
Größen



HT-1600 G Graphite (Tmax 1600 °C,
optional bis 2200 °C), schutzgas- und
vakuumdicht, verschiedene Größen



HK 30 (Tmax 1300 °C), fast
gasdicht für Betrieb mit N₂ or Ar,
verschiedene Größen



Rubi-Star 60 (Tmax 2400 °C,
Pmax. 60 bar, optional
höher), Hochdruckofen,
verschiedene Größen

3. Feedstock (Metall/Hartmetall/Keramik) Entbindern: Der Binder besteht meist aus zwei Komponenten. Die Hauptkomponente (Anteil bis 95 %) wird beim Entbindern ausgebrannt, katalytisch zersetzt oder einfach mit Lösungsmittel ausgewaschen. Der Restbindergehalt von ca. 5 % bewirkt, dass das Bauteil noch eine gewisse mechanische Festigkeit aufweist um transportiert und gehandhabt zu werden.

- a. Katalytisches Entbindern: Auch für das katalytische Entbindern kann LHT Öfen anbieten. Diese Öfen sind schutzgasdicht (N₂) und haben eine Gasumwälzung um das Gut schneller aufheizen zu können und um den Katalysator (Salpetersäure) homogen zu verteilen. Eine Nachverbrennung ist notwendig, da sich bei der Zersetzung giftige und brennbare Substanzen bilden (siehe Anhang Catamold). Geeignet sind bei kleinen Baugrößen gasdichte Trockenschränke der Baureihe LHT bis 200 °C mit Gasumwälzung, Dosierpumpe für den Katalysator und einer Nachverbrennung. Für größere Volumina stehen Öfen der Baureihe KH bis 400 °C zur Verfügung.
- b. Thermisches Entbindern: Für Metalle und Hartmetalle kommen zum thermischen Entbindern Öfen der Baureihen VMK-S und KS-S Öfen in Frage. Durch die hohe Temperatur bis 1050/1150 °C lassen sich Teile in VMK-S bzw. KS-S Öfen vollständig entbindern, da bei den meisten Metallen bereits eine „Vorsinterung“ stattfindet, durch welche die Teile ausreichend Festigkeit für weitere Prozessschritte erlangen. Für das thermische Entbindern von Teilen aus Oxidkeramiken können auch Öfen der Baureihen KK, KS oder LM mit Nachverbrennung verwendet werden. Thermisches Entbindern

erfordert relativ lange Zeit. Durch LHT Mikrowellenhybrid - Öfen mit Heissluft- und Mikrowellenbeheizung (T_{max} 550 °C) der Baureihe MKST oder Widerstands- und Mikrowellenbeheizung (T_{max} 1800 °C) der Baureihe MHT, letztere auch zum Sintern geeignet, lassen sich bei geeigneten Bindersystemen die Zeiten deutlich verkürzen.

- c. Sintern: Zum Sintern von Oxidkeramik können Öfen der VMK-Baureihe VMK1600/1800 oder Öfen der Baureihe HT Super Eco verwendet werden. Hartmetall wird meist in Öfen der Baureihe HT Graphit hergestellt. Für Metalle eignen sich HT Öfen mit Wasserstoff oder Formiergasatmosphären. Titan und Refraktär-Metalle wie Molybdän und Tantal werden in Hochvakuum-Kaltwandöfen der Baureihe KKH/KKV gesintert.
- d. Silizieren: Sollen Teile aus SiSiC hergestellt werden, können Öfen der Baureihe KS-S und VMK-S für die Pyrolyse und Öfen der Baureihen HT oder GHV-Grafitöfen zum Grafitisieren bis 2200 °C und Silizieren bis 1600 °C verwendet werden.



*Spezialofen zum katalytischen Entbindern
(T_{max} 180 °C), 800 l*



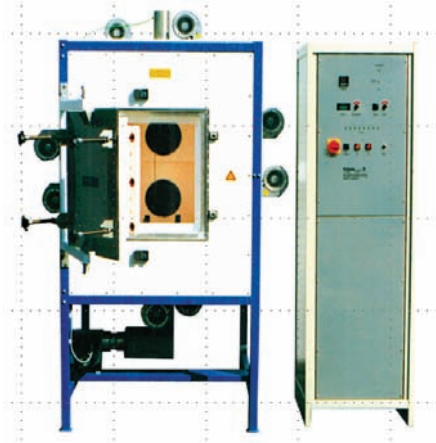
GHV (T_{max} 2200 °C), verschiedene Größen



*VMK 1400-1800 (T_{max} 1820 °C),
verschiedene Größen*



*KKV (T_{max} 2500 °C), schutzgas- und
vakuumdicht, verschiedene Größen*



MKST 6,4/10 (Tmax 550 °C), verschiedene Größen und Leistungsstufen.

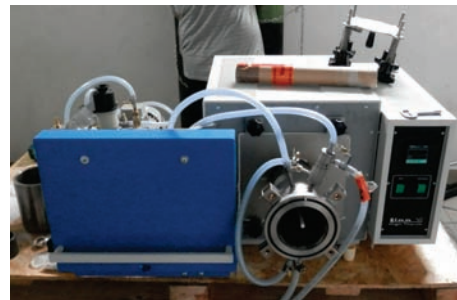


MHT-G (Tmax 1800 °C) Mikrowellenhybrid – Ofen schutzgas- und vakuumdicht, verschiedene Größen.

Kostengünstige Speziallösungen

Universelle und kostengünstige Öfen zur Wärmebehandlung und zum Sintern von mit Rapid Prototyping Verfahren hergestellten Teilen aus Eisenlegierungen, Buntmetallen, Edelstählen, Titan oder Aluminium unter Schutzgas- oder Vakuumatmosphäre basieren auf unseren Baureihen LM/HK oder VMK. Entbinderte MIM Teile können hiermit ebenfalls gesintert werden.

Diese Öfen können wahlweise mit metallischem Einsatzrohr (Tmax 1260 °C) oder keramischen Einsatzrohr (Tmax 1350 °C) betrieben werden. Die Temperatur am Sinterteil kann über Chargeelement kontrolliert und gesteuert werden. Durch die Verwendung zweier Einsatzrohre bzw. Endkappen für das Entbindern und das Sintern, lassen sich Verunreinigungen des Sintergutes durch Bindercondensate ausschließen.



HK / LM Spezial

The unique principle of catalytic debinding

BASF has developed a patented polyacetal binder specifically for Catamold ®, the new powder injection molding technology. This binder can be removed using a method that is completely different from conventional processes.

catamold@basf.com

Green parts manufactured with Catamold ® are debound in a gasproof furnace at a temperature of 110 to 140 degrees Celsius, in a nitrogen atmosphere containing a small amount of gaseous nitric acid. We exploit the decomposition of the polyacetal by the acidic atmosphere to achieve very short process times. The low temperature prevents the component from softening.

Because the nitric acid cannot penetrate into the part of the component that contains the binder, it only reacts with the surface. The gas exchange is therefore limited to the porous zones from which the binder has already been removed. This method of debinding from the outside inwards prevents pressure buildup on the inside. In parts with a wall thickness of up to about 20 mm, the debinding front moves into the component at a rate of 1 or 2 mm per hour. This makes catalytic debinding around ten times faster than conventional technologies.