



Glühofen mit Begasungskasten.

# Wärmebehandlung in der Additiven Fertigung

In der Additiven Fertigung kommen neben dem eigentlichen Bauprozess zahlreiche Wärmebehandlungen zum Einsatz. Mit über 60 Jahren Erfahrung im Industrieofenbau liefert Nabertherm auf diese Wärmebehandlung abgestimmte Öfen. Diese Übersicht zeigt die Arten der Wärmebehandlung der Additiven Fertigung und stellt die wichtigsten Ofentypen dafür vor.

Viele Verfahren der Additiven Fertigung erfordern eine anschließende Wärmebehandlung der hergestellten Bauteile. Die Anforderungen an die Öfen zur Wärmebehandlung hängen ab vom Bauteilwerkstoff, den Arbeitstemperaturen, der Atmosphäre im Ofen und natürlich vom additiven Fertigungsverfahren.

### Auf den Temperaturbereich kommt es an

Anhand der Temperatur können die Öfen in vier Gruppen eingeteilt werden. Den Temperaturbereich bis 300° C decken Trockenschränke und Kammertrockner

ab, mit denen Feuchtigkeit aus der Charge entfernt werden kann. Bis 850° C kommen Umluftöfen zum Einsatz, die die Wärme durch erzwungene Konvektion über Luftumwälzung auf die Charge übertragen. Ab 850° C wird zur Wärmeübertragung die Wärmestrahlung genutzt. Diese Glühöfen erreichen Maximaltemperaturen von 1.200° C. Hochtemperaturöfen von 1.200° C bis 1.800° C erfordern abgestimmte Isolierungen und spezielle Heizelemente, die diesen Temperaturen standhalten. Da die Öfen jeder Gruppe optimal auf ihren Arbeitstemperaturbereich ausgelegt sind, sollten sie nicht außerhalb dieser

Temperaturen betrieben werden. Je nach Einsatzzweck und zu verarbeitendem Material kann es zweckmäßig sein, die Wärmebehandlung unter Schutzatmosphäre durchzuführen. Der genutzte Ofen muss dann über eine entsprechende Ausstattung verfügen oder genug Raum bieten, um mit einem Schutzgaskasten beschickt zu werden.

### Arten der Wärmebehandlung

Grob können die Behandlungsarten Trocknen, Entbindern, Ausbrennen, Sintern, Aushärten und Spannungsarmglühen un-

terschieden werden. Das *Trocknen* zählt zu den vorgelagerten Prozessen. Pulverbasierte Druckverfahren erfordern eine gleichbleibende Qualität des Pulvers. Gebundene Feuchtigkeit, die bei der Lagerung vom Pulver aufgenommen wird, kann zu Qualitätsverlusten im gefertigten Bauteil führen. Durch Trocknung bei niedriger Temperatur wird die Restfeuchte aus dem Pulver entfernt. Dazu eignen sich Trockenschränke, die es in unterschiedlichen Größen und für Temperaturen bis zu 300° C gibt.

*Entbindern* kommt bei allen Verfahren der Additiven Fertigung zum Einsatz, bei denen in einer ersten Stufe mittels eines Bindersubstrats, meist Harze, ein Trägerpulver schichtweise zur herzustellenden Struktur gebunden wird. In der Regel folgt dem Entbindern ein zweiter Bearbeitungsschritt, bei dem das Bauteil durch Infiltrieren oder *Sintern* stabilisiert wird. Sowohl Entbindern als auch Sintern kommt in der Regel bei der Verarbeitung von Keramiken und oft auch bei Metallanwendungen vor. Beide Anwendungen benötigen die jeweils geeignete Temperatur. Für diesen Zweck kommen häufig Kombiöfen zum Einsatz, die beide Temperaturbereiche abdecken, wodurch ein Transport zwischen den Arbeitsschritten vermieden werden kann. Da beim Entbindern oft gefährliche Dämpfe entstehen, ist auf ein entsprechendes Sicherheitskonzept zu achten. Für das Sintern von Metallbauteilen wird häufig eine Schutzatmosphäre benötigt, was eine entsprechende Auslegung des Ofens erfordert. Werden für Gusszwecke verlorene Formpositive aus Kunststoff, meist PMMA oder Wachse verwendet, so werden diese zur Gussvorbereitung in einen Keramikschlicker getaucht und anschließend ausgebrannt oder mit Gips oder Silikon ummantelt (Anm.: abhängig vom Temperaturbereich des zu vergießenden Materials und dem Material der Urform). Auch beim

*Ausbrennen* ist ein ganz klar definierter Temperaturbereich unabdingbar, um einerseits für ein vollständiges, rückstandsloses Verbrennen oder Ausfließen des formgebenden Materials zu sorgen, und andererseits die umgebende Formhülle nicht zu beschädigen. Zudem ist auch beim Ausbrennen darauf zu achten, dass gefährliche oder gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen können. Schließlich sind auch noch die beiden Anwendungen Aushärten und Spannungsarmglühen als Nachfolgeprozess zu erwähnen. Das *Spannungsarmglühen* ist bei den meisten Verfahren erforderlich, bei denen ein hoher Energieeintrag durch Laserstrahl oder Elektronenstrahl erfolgt. Seien es durch SLM-Verfahren oder Direct Laser Metal Deposition entstandene Werkstücke, in beiden Fällen ist meist ein Spannungsarmglühen erforderlich, um die entstandenen Werkstückspannungen zu minimieren oder zu beseitigen. Das *Aushärten* oder *Curing* kommt überall dort zum Einsatz, wo das Baumaterial nach dem eigentlichen Bauprozess zwar schon stabil ist, aber über eine Wärmebehandlung in den finalen Werkstoffzustand versetzt werden muss. Das trifft meist dann zu, wenn der Bauprozess auf einer Polymerisation oder dem chemischen Abbinden mehrerer Substanzen aufbaut. In beiden Fällen ist meist ein eng definierter Temperaturbereich einzuhalten, um die gewünschten Werkstoffeigenschaften zu erzielen.

### Abgestimmte Lösung erforderlich

Die Wärmebehandlung ist wichtiger Bestandteil des additiven Fertigungsprozesses und muss bei der Anschaffung von Maschinen zur Additiven Fertigung berücksichtigt werden. Die Auswahl eines geeigneten Ofens hängt von der Temperatur, dem verwendeten additiven Fertigungsverfahren, dem Material des Bauteils sowie der Art der Wärmebehandlung ab.



“Bei der Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile muss ein optimal auf den Prozess abgestimmter Ofen eingesetzt werden. Aufgrund unserer langjährigen Erfahrung können wir auf bewährte Lösungen in unserem Standardprogramm zugreifen.

**Daniel Schneider,**  
Project Manager bei der Nabertherm GmbH



Ofen zum Wachsaußschmelzen: NB 300/BOWAX mit Auffangschublade und Gasbeheizung.

Nabertherm als einer der weltweit führenden Hersteller von Standardöfen und maßgeschneiderten Ofenkonzepten bietet auch für die Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile das für den spezifizierten Prozess erforderliche Ofenkonzept. Die Projektgenieure von Nabertherm ermitteln in einem ausführlichen Auswahlprozess mit dem Kunden den Bedarf und erarbeiten ein Konzept zur Wärmebehandlung. Ergebnis ist ein optimal auf die jeweilige Anforderung abgestimmtes Ofensystem, damit die Endprodukte mit der gewünschten Qualität zuverlässig produzieren können.

www.nabertherm.de

### Firmeninfo

Die Nabertherm GmbH produziert Industrie- und Laboröfen im Temperaturbereich von 300° C bis 3.000° C. Das 1947 gegründete Unternehmen beschäftigt 450 Mitarbeiter und fertigt am Hauptsitz und Fertigungsstandort in Lilienthal bei Bremen jährlich etwa 7.500 Öfen. Nabertherm ist weltweit mit Vertriebsgesellschaften in USA, Schweiz, Frankreich, China, UK, Italien und Spanien vertreten.