

„Wir haben die additive Fertigung früh als zukunftssträchtig identifiziert“

Dr.-Ing. Markus Schneider, GKN Sinter Metals Engineering GmbH, erklärt, welche Besonderheiten in der Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile zu berücksichtigen sind.

Welche Bedeutung hat die additive Fertigung für Ihr Unternehmen?

Schneider: Die additive Fertigung wurde bei uns recht früh als zukunftssträchtige Technologie identifiziert, da wir erkannt haben, dass wir hier viel Know-how aus der klassischen Pulvermetallurgie übertragen können. Die Handhabung von Pulvern unterscheidet sich gänzlich von der Handhabung von Halbzeugen und erfordert sehr viel Erfahrung. Außerdem bietet sich die augenblickliche mediale Präsenz der additiven Fertigung gut dafür an, auf weitere Verfahren der Pulvermetallurgie hinzuweisen. Ich persönlich sehe daher die additive Fertigung auch als Türöffner für die anderen Verfahren der Pulvermetallurgie (Matrizenpressen, Metallpulverspritzguss, Pulverschmieden und Kalt- bzw. Heißisostatisches Pressen). Die Verarbeitung von Pulvern ist plötzlich salonfähig geworden – das war vor einigen Jahren nicht so. Daher ist die Bedeutung sehr hoch.

Welche Fertigungsverfahren kommen zum Einsatz?

Schneider: Es kommen zwei pulverbettbasierte Varianten zum Einsatz, das Laser-Strahlschmelzverfahren („L-PBF“) und das Freistrah-Bindemittelauftragsverfahren („Binder Jetting“ oder „3D-Druck“).

Wie unterscheiden sich mit klassischen Fertigungsverfahren hergestellte Bauteile von additiv gefertigten Bauteilen?

Schneider: Durch das Laser-Strahlschmelzverfahren („L-PBF“) additiv gefertigte Bauteile weisen eine in Randnähe sehr feine und aufgrund der thermi-

schen Historie (Schmelzen, Erstarren, Kornwachstum usw.) lokal stark unterschiedliche Korngrößenverteilung auf. Die Körner weisen aufgrund der Erstarrung eine deutliche Vorzugsrichtung in vertikaler Richtung auf. Durch das feine Korn in der Randnähe und durch die Hall-Petch Beziehung sind die statischen Festigkeitswerte in der Regel höher als bei vergleichbaren Guss- oder Walzmaterialien, allerdings bei deutlich verminderter Duktilität (Bruchdehnung). Durch den schichtweisen Aufbau (das gilt für die beiden oben erwähnten Fertigungsverfahren) ergibt sich eine schwache Anisotropie.

Nach dem aktuellen Kenntnisstand liegen die Anisotropiefaktoren unterhalb denen der Walz- und Schmiedeteile, grundsätzlich weiß die Technik aber damit umzugehen. Allerdings reagieren die mechanischen Eigenschaften (statische oder zyklische Eigenschaften, Festigkeits- oder Zähigkeitsmaße) unterschiedlich stark auf den Anisotropieeffekt. Wir dürfen bei der Diskussion aber nicht vergessen, dass es in der Technik keine ideal isotropen Werkstoffe gibt. Bedingt durch das jeweilige Fertigungsverfahren bilden sich überall richtungsabhängige mechanische Eigenschaften aus (Walzen, Gießen, Schmieden, Pulverpressen, Spritzgießen, Laminieren usw.). Des Weiteren wird die Dichte durch das Ausbilden kleiner Poren reduziert. Damit kann die Pulvermetallurgie aber umgehen. Die Porosität klassischer Sinterformteile ist bei weitem größer und selbst hier erzielt man gute und reproduzierbare mechanische Eigenschaften. Die Oberfläche additiv gefertigter Bauteile ist aber in der Regel deutlich rauer als die der anderen pulvermetallurgischen Verfahren.



„Wir beschäftigen uns mit der ganzheitlichen Betrachtung der additiven Fertigung, vom Pulver bis zum fertigen Bauteil“

„Wir dürfen bei der Diskussion aber nicht vergessen, dass es in der Technik keine ideal isotropen Werkstoffe gibt“

Welche Besonderheiten müssen in der Wärmebehandlung von additiv gefertigten Bauteilen berücksichtigt werden?

Schneider: Hier gibt es eine ganze Reihe von Besonderheiten, die sich vornehmlich aus der erzeugten Geometrie und dem Aufbauprozess ergeben. Beispielweise werden viele Bauteile mitsamt der Bauplattform wärmebehandelt, um allzu große Verzüge zu vermeiden. Für das Chargieren bedeutet das, dass die Öfen optimalerweise auf die Größe der Bauplattformen abgestimmt sein sollten. Durch die Masse der Bauplattform – die oft die Masse der darauf befindlichen Bauteile übersteigt – ergibt sich ein positionsabhängiges Aufheiz- und Abkühlverhalten, da die Bauplattform eine große thermische Speicherkapazität aufweist. Die oftmals erzeugten feinen Strukturen (topologieoptimierte Bauteile, Gitter- und Wabenstrukturen) stellen eine besondere Herausforderung dar. Durch den oftmals gewollten hohen Asymmetriegrad (z. B. bei topologieoptimierten Bauteilen) sind solche Bauteile, etwa beim Abschrecken, extrem verzugsgefährdet. Ein Abschrecken in Öl oder Salz kommt aufgrund des immensen Reinigungsaufwands für komplexe Bauteile nicht infrage. Die flüssigen Abschreckmedien verunreinigen die innenliegenden Strukturen zu stark. Die raue Oberfläche (vorausgesetzt das Bauteil wurde nicht nachbearbeitet) erschwert das Reinigen zusätzlich. Aus meiner Sicht kommt für additiv gefertigte Bauteile nur Gas als Abschreckmedium in Betracht.

Bei den thermochemischen Verfahren (Einsatzhärten, Carbonitrieren und Nitrieren) müssen ebenfalls die oben erwähnten filigranen Strukturen berücksichtigt werden. Feine Stege und Wandstärken kohlen (beim Einsatzhärten oder Carbonitrieren) bzw. sticken (beim Nitrieren) komplett durch. So kann kein vorteilhaftes Eigenspannungsprofil erzeugt werden. Auch eine einheitliche Einsatzhärtungs- bzw. Nitrierhärte tiefe wird sich so nicht einstellen. Das gilt gerade für Bauteile, die sowohl massive als auch filigrane Strukturelemente enthalten. Wir alle kennen den „Ecken- oder Schatteneffekt“ beim Aufkohlen, demnach neigen Ecken, Kanten und einzelne Punkte einer Struktur aufgrund des 2- oder 3-dimensionalen Stoffstroms zum Überkohlen (Carbid- und Restaustenitbildung). Dieser Effekt wird sich bei komplex geformten Strukturen deutlich zeigen. Selbst auf der Mikroebene, d. h. im Bereich der Oberflächenrauheit, lässt sich dieser Effekt nachweisen. Die Rauheitsspitzen weisen demnach deutlich mehr Restaustenit als das darunter befindliche Profil auf. Thermochemisch zu behandelnde Bauteile sollten daher nicht zu komplex, filigran, dünnwandig, asymmetrisch und rau sein. Außerdem muss die Oberfläche aktiv sein, d. h. sie muss frei von Oxiden oder einer Passivierungsschicht sein. Das sind Restriktionen, die die Designfreiheit sicherlich etwas einschränken.

Sind dazu neue Wärmebehandlungsverfahren notwendig?

Schneider: Ich denke, dass wir und die Unternehmen der Wärmebehandlungstechnik mit den augenblicklich verfügbaren Wärmebehandlungsverfahren ganz gut aufgestellt sind. Grundsätzlich ist über die Prozessparameter Druck, Temperatur, Zeit, Gasatmosphäre und über die Abschreckbedingungen fast jede Wärmebehandlung darstellbar. Bisher haben sich vier Wärmebehandlungsverfahren für additiv hergestellte Bauteile (Titan- und Nickelbasislegierungen werden hier nicht betrachtet) etabliert: Lösungsglühen und Abschrecken für den austenitischen 316L Stahl und für die Kupferlegierungen, Spannungsarmglühen für die aushärtbaren Aluminiumlegierungen und für die niedriglegierten Stähle, Aushärten für die aushärtbaren Aluminiumlegierungen und das Weichglühen, Härten und Anlassen für den M2 Werkzeugstahl.

Sicherlich sind hier noch Optimierungsschleifen bezüglich der Prozessparameter denkbar. Die anderen Wärmebehandlungsverfahren (z. B. das Einsatzhärten) befinden sich noch in der Erprobungsphase und werden intensiv untersucht. Die Losgrößen für die Wärmebehandlungen werden aber kleiner sein als bei den klassischen Massenteilen. Die Gasatmosphären sollten nahezu frei von Sauerstoff und Wasser sein, um Oxidations- oder (bei kohlenstoffhaltigen Stählen) Entkohlungsprozesse zu vermeiden. Zusammenfassend kann gesagt werden: Gasatmosphäre: frei von Sauerstoff und Wasser (ggf. Vakuum); Abschreckmedium: Gas; Chargieren: abgestimmt auf die Bauplattform; Losgröße: klein und individuell.

Wie haben sich die Anforderungen der Kunden in den vergangenen Jahren verändert?

Schneider: Tendenziell würde ich sagen, dass die Kunden zunehmend an den mechanisch-technologischen Eigenschaften der Werkstoffe interessiert sind, da die Thementauslegung und Produktzuverlässigkeit von starkem Interesse sind. Außerdem ist Schnelligkeit in allen Bereichen der Produktentwicklung gefragt. Das steht sicherlich im Widerspruch zu der ersten Anforderung, denn die vernünftige Charakterisierung eines Prozesses, Produkts oder Werkstoffs erfordert Zeit.

Mit welchen Projekten beschäftigen Sie sich aktuell im Bereich Forschung und Entwicklung?

Schneider: Wir beschäftigen uns mit der ganzheitlichen Betrachtung der additiven Fertigung, vom Pulver bis zum fertigen (und spannungsmechanisch bewerteten) Bauteil. Dabei stehen die einzelnen Restriktionen und Randbedin-

gungen der einzelnen Prozessschritte im Vordergrund. Es ist nicht zielführend, sämtliche numerischen Optimierungsmethoden auf ein Bauteil loszulassen, dessen Funktion im konkreten Anwendungsfall nicht vollständig verstanden ist. Die Antizipation möglicher anschließender Prozessschritte (Zerspanung, Wärmebehandlung oder Montage) ist bei der Bauteilkonstruktion ganz wesentlich. Des Weiteren versuchen wir alle generierten Werkstoffkennwerte systematisch in einer FEM-basierten Datenbank zu erfassen und der Berechnung so zugänglich zu machen. Der Lebensdauerbewertung schenken wir große Aufmerksamkeit, da die in der Regel sehr dünnwandigen Bauteile über keine zusätzlichen Sicherheitsreserven ("Wandstärke") mehr verfügen. Das können wir auch

richtig gut; zuletzt wurden wir für unsere punktgenaue Abschätzung der Lebensdauer einer Aluminium-Fahrradkurbel aus AM AlSi10MgT6 auf einer bedeutenden Simulationskonferenz ausgezeichnet.

In welchen Geschäftsfeldern sehen Sie großes Potenzial?

Schneider: Aufgrund unserer Historie als Zulieferer versuchen wir die Automobilindustrie im Bereich der Prototypen- und Serienfertigung zu bedienen. Im Bereich der Investitionsgüter (Werkzeugbau, thermischer Apparatebau und allgemeiner Maschinenbau) sehen wir mögliche Serienanwendungen mit einem Mehrwert durch Designfreiheit und durch das „Zusammenlegen“ unterschiedlicher Bauteile zu einer Komponente um Montageoperationen einzusparen.

INTENSIV-SEMINAR(E)



ANLAGENPLANUNG, KÜHLWASSER- UND REINIGUNGSTECHNIK für Wärmebehandlungsprozesse

// 3.-6. Februar 2020 in Dortmund

ALLES, WAS SIE WISSEN MÜSSEN ...

Inhalte

Teil 1: „Anlagenplanung“:

- Planungs- und Beschaffungsprozesse von Wärmebehandlungsanlagen
- Prozessplanung, Montage, Inbetriebnahme
- Pflichtenheft und Lastenheft

Teil 2: „Kühlwassertechnik“:

- Kühlwasser in Härtereibetrieben: Vorgänge und Herausforderungen

- Verfahrenstechnische Grundlagen zur Rückkühlung
- Verdunstungskühlanlagen: Lösungen für den Betrieb
- Rechtliche Grundlagen und „Big Data“

Teil 3: „Reinigungstechnik“

- Basiswissen: Reinigung vor und nach der Wärmebehandlung
- Bauteilreinigung - Problematik und Möglichkeiten in einem Lohnwärmebehandlungsbetrieb
- Wässrige Reinigungsanlagen in der betrieblichen Praxis

Anmeldung und weitere Infos unter www.prozesswaerme-akademie.de