

Technisches Upgrade der Rapid Tooling Anlage EOSINT M 250

Trenke, D.

Im Juli diesen Jahres wurde die Rapid Tooling Anlage des IMW auf den neuesten Stand der Sinter-Technologie aufgerüstet. Neben Bronze-Pulvern können nun auch Stahl-Pulver verarbeitet werden. Hinzu kommen zahlreiche Erweiterungen der Hard- und Software, so dass die Qualität des Bauprozesses gesteigert wird und neue Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten möglich sind.

This year in July the Rapid Tooling unit of the IMW was upgraded to the latest standard of sinter technology. Now steel powder can be worked up as well as bronze powder. In addition numerous expansions of the hard- and software were made, so that the quality of the construction process will be increased and new research and development activities are possible.

1 Einleitung

Bei der Rapid Prototyping bzw. Rapid Tooling Technologie handelt es sich um ein relativ neues Fertigungsverfahren, das erst seit Mitte der 90. Jahre industriell eingesetzt wird. Dem entsprechend schnell und umfangreich sind die technischen Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet. Die Hard- und Software Entwicklung verfolgt dabei vorrangig das Ziel, die Einsatzmöglichkeiten der Lasersinterbauteile zu erweitern. Hierzu werden primär neue Sinterpulver verwendet, deren Materialeigenschaften sich denen konventioneller Werkstoffe immer mehr annähern. Diese erfordern aber Modifikationen der Anlagentechnik und der Sinterparameter bzw. Sinterstrategien.



Bild 1: Rapid Tooling Anlage EOSINT M 250

2 Sinterwerkstoffe

Durch das Maschinen-Upgrade können nun neben Bauteilen aus Bronzepulver mit einer Schichtauflösung von 50 µm (DirectMetal 50) auch Werkstücke aus Bronzepulver mit einer Schichtstärke von 20 µm (DirectMetal 20) und aus Stahlpulver mit 50 µm (DirectSteel 50) oder 20 µm (DirectSteel 20) Schichtstärke generiert werden.

2.1 DirectMetal 50

Bei DirectMetal 50 handelt es sich um ein bronzebasiertes Metallpulver, welches eine minimale Schichtstärke von 50 µm erlaubt. Der Genauigkeitsgrad und die mechanischen Eigenschaften der aus diesem Pulver generierten Bauteile reichen für die Herstellung von Prototypen, Spritzgusswerkzeugen und Funktionsteilen in den meisten Fällen aus. Um 100 % dichte Bauteile zu erhalten, ist allerdings eine Infiltration z. B. mit Hochtemperatur-epoxidharz erforderlich. Die Porosität der Werkstücke kann aber auch für selbstlüftende Werkzeuge oder für Filter ausgenutzt werden. Die Oberflächenqualität der Bauteile kann durch Mikrostrahlen, spanende Bearbeitung oder Polieren noch gesteigert werden. DirectMetal 50 bietet im Vergleich zu den weiterhin vorgestellten Serienwerkstoffen die höchste Baugeschwindigkeit /1/.

Typische Anwendungen von DirectMetal 50:

- Spritzgussformen und -einsätze für Kunststoffteile mit Standzeiten von mehreren 10.000 Teilen,
- direkte Herstellung von metallischen Prototypen.

2.2 DirectMetal 20

DirectMetal 20 ist ebenfalls ein bronzebasiertes Metallpulver, welches gegenüber DirectMetal 50 eine höhere Festigkeit, eine größere Detailauflösung und eine bessere Oberflächenqualität aufweist. Durch die verbesserte Oberflächenqualität verringert sich der Nachbearbeitungsaufwand erheblich. Aufgrund der hohen Bauteildichte ist zudem keine Infiltration mit Epoxidharz erforderlich. Eine Ausnahme stellen

Kühlkanäle dar, die weiterhin behandelt werden sollten.

Die minimale Schichtstärke beträgt 20 µm /1/.

Typische Anwendungen von DirectMetal 20:

- Spritzgussformen und -einsätze mit Standzeiten von mehreren 10.000 Kunststoffteilen,
- direkte Herstellung von metallischen Prototypen, bei denen insbesondere isotropische Eigenschaften oder hohe Korrosionsbeständigkeit gefordert sind.

2.3 DirectSteel 50

DirectSteel 50 ist ein stahlbasiertes Metallpulver, welches Schichtstärken von 50 µm erlaubt. Neben einer beachtlichen Detailauflösung und Genauigkeit besitzen Bauteile aus DirectSteel 50 eine hohe Dichte und Festigkeit. Die Oberflächenqualität kann durch Mikrostrahlen, Polieren, usw. noch verbessert werden. Der Werkstoff ist insbesondere geeignet für Anwendungen mit hohen Belastungen, wie z. B. Druckguss, Blechstanzen oder Spritzguss mit abrasiven Kunststoffen /1/.

Typische Anwendungen von DirectSteel 50:

- Hochbelastete Spritzgusswerkzeuge mit Standzeiten bis zu 100.000 Kunststoffteilen,
- Druckgusswerkzeuge für Kleinserien bis 1.000 Leichtmetallteilen,
- direkte Herstellung von hochbelasteten metallischen Funktionsprototypen.

2.4 DirectSteel 20

DirectSteel 20 ist ebenfalls ein stahlbasiertes Metallpulver, mit einer minimalen Schichtstärke von 20 µm. Die Bauteile besitzen die gleichen Vorteile wie DirectSteel 50 bei gleichzeitig erhöhter Detailauflösung und Oberflächenqualität. Der Werkstoff ist ideal für kleinere Bauteile mit feinen Details und für Werkstücke, bei denen eine hohe Oberflächenqualität benötigt wird. Aufgrund des geringen Nachbearbeitungsaufwandes und der guten Detailauflösung eignet sich DirectSteel daher

insbesondere für Bauteile mit sehr komplexen Geometrien und großem Anteil an Freiformflächen /1/.

Typische Anwendungen von DirectSteel 20:

- Hochbelastete Spritzgusswerkzeuge mit Standzeiten bis zu 100.000 Kunststoffteilen,
- Druckgusswerkzeuge für Kleinserien bis 1.000 Leichtmetallteilen,
- direkte Herstellung von filigranen oder

	DirectMetal 50	DirectMetal 20	DirectSteel 50	DirectSteel 20
<i>Allgemeine Prozessdaten:</i>				
min. Schichtdicke (µm)	50	20	50	20
Bauteilgenauigkeit (µm)	± 80	± 50	± 100	± 50
kleinste Wandstärke (mm)	0,7	0,6	0,9	0,7
<i>Oberflächenrauigkeit R_z:</i>				
ohne Mikrostrahlen (µm)	50 - 60	40 - 50	60	50
nach Mikrostrahlen (µm)	20	15	35	15
nach Polieren (µm)	bis 1	bis < 1	bis < 1	bis < 1
<i>Bauteileigenschaften:</i>				
Restporosität (%)	20	8	5	2
Zugfestigkeit (MPa)	200	400	500	600
E-Modul (GPa)	50	80	110	130
Biegebruchfestigkeit (MPa)	400	700	950	1000
Härte (HB)	90	110	200	220
max. Temperatur (°C)	400	400	800	800

hochbelasteten metallischen Funktionsprototypen.

Tab. 1: Werkstoffdaten

Neben den vorgestellten Metallpulvern der Firma EOS werden am IMW aber auch eigene Untersuchungen zum Einsatz von neuen Sinterpulvern vorgenommen. Hierzu zählen z. B. Kupferpulver, Keramiken oder hochfeste Legierungen.

3 Anlagenerweiterung

Neben der Einführung von leistungsfähigeren Werkstoffen wurden zahlreiche Hardwareerweiterungen in die Rapid Tooling Anlage implementiert, die die Qualität des Sinterprozesses und der Sinterbauteile steigern.

3.1 Atmosphären-Upgrade

Das Atmosphären-Upgrade generiert eine Inertgasatmosphäre (Stickstoff) in der Prozesskammer, die Oxidationen des Metallpulvers während der Laserbelichtung verhindert. Hierdurch verbessern sich die mechanischen Eigenschaften der Sinterbauteile um 10 bis 20 %. Der Sauerstoffgehalt in der Prozesskammer ($< 1,5\%$) wird kontinuierlich durch eine aktive Messung und Regelung überwacht, um eine hohe Prozesssicherheit zu garantieren /2/.

3.2 Keramik Klinge

Die Beschichter Klinge aus keramischem Material bietet im Vergleich zu den bisherigen Stahlklingen eine wesentlich längere Lebensdauer. Das Risiko von Oberflächenrillen auf den Sinterbauteilen, aufgrund von Beschädigungen der Klinge während des Bauprozesses, wird dadurch erheblich reduziert.

3.3 Bauplattformheizung

Die Bauplattformheizung erwärmt die Bauplattform auf ca. $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Diese Erwärmung hat die Vorteile, dass die erste Belichtungsschicht besser auf der Bauplattform haftet und Eigenspannungen im Bauteil reduziert werden. Die Heizung besteht aus einem elektrischen Flächenheizelement unterhalb der Bauplattform und einer elektronischen Temperaturregelung /3/.

3.4 DirectBase Bauplattformen

Zusammen mit dem Werkstoff DirectMetal 20 wurden ebenfalls neue Bauplattformen (DirectBase) eingeführt. Die Oberflächen der Bauplattformen sind zu präzisen Toleranzen flachgeschliffen und mit einem speziellen Sandstrahlprozess nachbehandelt, um eine definierte Rauheit zu erzeugen, die einen zuverlässigen Sinterprozess auch mit $20\text{ }\mu\text{m}$ -Schichten gewährleistet.

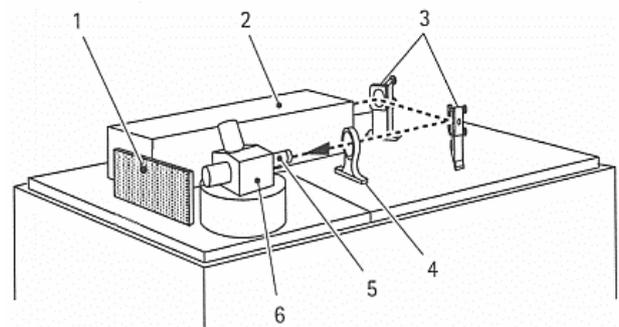
3.5 Home-In-Scanner mit gekühlten Spiegeln

Das Scan-Modul vereinigt eine aktive Kühlung der Spiegel durch Druckluft und einen integrierten Home-In-Sensor, der in regelmäßigen Abständen eventuell auftretende Scannerdrifts entdeckt und korrigiert. Dadurch wird eine hohe Positionsstabilität des Laserstrahls aufrecht erhalten. Dies geschieht auch unter variierenden Umgebungsbedingungen oder bei thermischer

Belastung aufgrund langer Belichtungszeiten bei großen Baujobs. Das Ergebnis sind genauere Bauteile, höhere Qualitäten der vertikalen Oberflächen und eine verbesserte Toleranz gegenüber Veränderungen der Umgebungsbedingungen /2/.

3.6 Strahlaufweiterblende

Eine vor dem Strahlaufweiterer zugefügte Blende extrahiert unerwünschte Laserstrahlmoden. Dies verringert das Risiko von Heizeffekten durch den Laser im Strahlaufweiter und Scan-Modul und stellt damit einen stabilen Fokus sicher. Die effektive Laserleistung wird dadurch nicht verringert. Der



Verlauf des Laserstrahls ist in **Bild 2** dargestellt.

1 Steuerkarten	4 Aufweiterblende
2 Laser mit integriertem Shutter	5 Aufweiteroptik
3 Umlenkspiegel	6 Scannerkopf

Bild 2: Strahlverlauf des Lasers

Zudem wurden folgende Modifikationen an der Rapid Tooling Anlage vorgenommen:

- f-Theta-Linse mit spezieller Beschichtung,
- optimiertes Bauplattformkonzept,
- justierbarer Beschichterarm,
- steifere Z-Führung,
- Hochleistungs-Absaugsystem.

Neben der Umrüstung durch die Firma EOS hat auch das IMW eigene Anlagenspezifikationen durchgeführt. Hierzu zählt z. B. eine Online-Überwachung des Bauprozesses mit einer Web-Cam und einer Analysesoftware oder eine Gasdüse innerhalb der Prozesskammer, mit der spezielle Atmosphärenbedingungen an der Sinterstelle erzeugt werden können.

4 Upgrade der Prozesssoftware

Das Upgrade der Prozesssoftware (PSW M 250 V3.0) implementiert eine Vielzahl von neuen Merkmalen, welche die Bauteilqualität und Systemproduktivität verbessern:

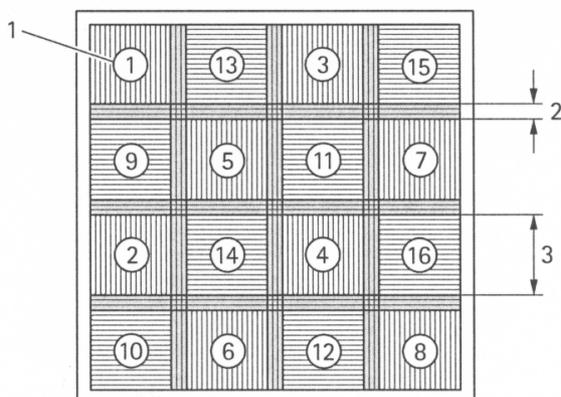
4.1 Bauzeitberechnung

Diese Funktion berechnet die zu erwartende Bauzeit eines Jobs anhand der tatsächlichen Scanvektoren. Sie verwendet einen iterativen Algorithmus, der eine realistische Schätzung innerhalb von wenigen Minuten oder eine genaue Bauzeit nach entsprechend längerer Rechnung liefert.

4.2 Sinterstrategien

- Vor-/Nachkontur:
Die Anwendung der Belichtungsstrategie „Vor-/Nachkontur“ verbessert die Genauigkeit der Bauteile und reduziert den Nachbearbeitungsaufwand. Die Doppelbelichtung erhöht zudem die Festigkeit an der Oberfläche der Bauteile.
- Belichtungstyp „Chess“:
Diese neue Belichtungsstrategie basiert auf dem Belichtungstyp Square, belichtet aber die Kästchen in alternierender Reihenfolge: Vergleicht man die Schicht mit einem Schachbrett, so werden zunächst alle schwarzen Felder und anschließend die weißen Felder belichtet (siehe **Bild 3**). Dadurch wird das Bauteil besonders spannungsarm aufgebaut.

Kästchengröße, Spaltbreite und Überlapp sind



einstellbar.

1 Belichtungsreihenfolge 2 Spalt 3 Quadrat

Bild 3: Belichtungsstrategie „Chess“

- Double-Upskin:
Der Belichtungstyp Double-Upskin belichtet Upskin-Bereiche sowohl in X- als auch in Y-Richtung, was eine höhere Oberflächenqualität, als eine Belichtung in nur einer Richtung, bewirkt.
- Strahlkompensation V2:
Ein neuer Algorithmus zur Berechnung der Kontur vermeidet unerwünschtes Überschwingen und verbessert signifikant die Detailauflösung durch geometrie-optimierte Belichtung, wodurch ein präziseres Sintern von Rändern, Ecken und Bohrungen möglich ist.
- Edge Factor:
Mit dieser Funktion können filigranere Geometrien belichtet werden, als es bisher möglich war. Kleine und dünne Wände werden z. B. anstatt mit der normalen kontinuierlichen Kontur mit einer einzelnen Scanlinie belichtet. Dies verbessert die Kantendefinition.
- Modul RADIUS:
Mit dem Modul RADIUS kann an der Bodenfläche von Bauteilen, welche direkt auf die Bauplattform gesintert werden, eine Verrundung mit einstellbarem Radius erzeugt werden (siehe **Bild 4**). Dadurch wird die Anbindung an die Bauplattform verbessert. Beim Sintern von Bauteilen direkt auf die Bauplattform ist eine Hülle an der Bauteilunterseite nicht erforderlich. Dieser offene Boden kann ebenfalls mit dem Modul RADIUS erzeugt werden.

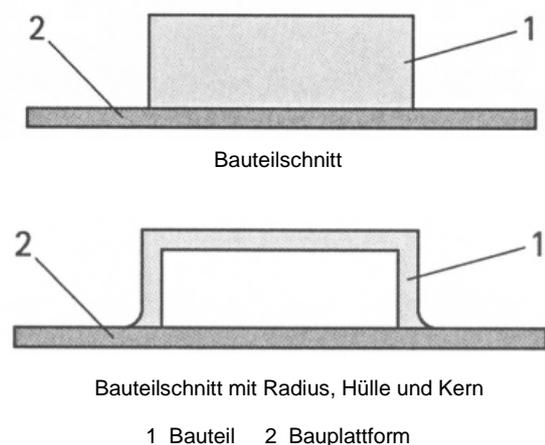


Bild 4: Modul „RADIUS“

5 Zusammenfassung

Durch das Maschinen-Upgrade der am IMW vorhandenen Rapid Tooling Anlage EOSINT M 250 auf den neuesten Stand der Technik hat sich das Spektrum an Metallpulvern, die beim Sinterprozess

zum Einsatz kommen, wesentlich erweitert. Besonders hervorzuheben sind dabei das 20 µm-Bronzepulver und das 20 µm-Stahlpulver. Diese Werkstoffe überzeugen neben der hohen Detailauflösung durch ihre hohen mechanischen Festigkeiten. Durch die neuen Features der Prozesssoftware, wird die Qualität der Sinterbauteile ebenfalls gesteigert. Zudem stehen eine Vielzahl von Optionen zur Verfügung, die neue Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten ermöglichen.

6 Literatur

- /1/ EOS GmbH, DirectMetal und DirectSteel Werkstoffe für EOSINT M, Materialdatenblatt, Planegg/München 2002
- /2/ EOS GmbH, Aufrüstpakete für EOSINT M 250, Planegg/München 2002
- /3/ EOS GmbH, Zubehör und Optionen - EOSINT M 250 Xtended, Planegg/München 2002