

Fraunhofer-Institut für
Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK
Pascalstr. 8-9, 10587 Berlin
www.ipk.fraunhofer.de

Herausgeber
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Redaktion
Dipl.-Ing. André Bergmann

INDIVIDUELL, FLEXIBEL UND RESSOURCENSCHONEND

Die Potenziale additiver Fertigungsverfahren für die Serienfertigung im industriellen Umfeld nutzbar zu machen ist das Ziel des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Dazu entwickeln wir flexible Prozessketten, die in bereits bestehende sowie neue Produktionsabläufe integriert werden können und eine zeit- und kosteneffiziente Produktion sicherstellen.

Additive Fertigungstechnologien

Kurze Entwicklungszeiten, die Realisierung eines optimalen Markteintritts, die Senkung von Produktionskosten sowie eine hohe Produktqualität und -lebensdauer sind aktuelle Herausforderungen in der Luftfahrtindustrie, dem Werkzeugbau und der Automobilindustrie. Diesen Herausforderungen begegnen Unternehmen zunehmend mit der Integration von additiven Fertigungsverfahren in Ihre Produktionsprozessketten. Durch das immer breiter werdende Anwendungsspektrum haben sich additive Technologien zu einem wirtschaftlichen Fertigungssystem für die Herstellung von hochkomplexen Produktkomponenten in Kleinserien etabliert. Am Fraunhofer IPK werden mit dem Selektiven Laserstrahlschmelzen (SLM), dem Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA) sowie dem Selektiven Lasersintern (SLS) zukunftsreiche Technologien betrachtet, die viele metallische Legierungen und Kunststoffe sicher verarbeiten können. Dabei werden Anwendungsfelder von der individuellen Fertigung bis hin zur Kleinserienfertigung bedient. Die Bauteile, welche werkzeuglos auf Basis von 3D-CAD-Daten erstellt werden, können in Bezug auf Materialeigenschaften nicht nur mit konventionell produzierten Gütern mithalten, sondern weisen zudem enorme Vorteile und Mehrwerte in der heutigen Produktionslandschaft auf.

VORTEILE

- Hohe Konstruktions- und Designfreiheit
- Kurze Produktentwicklungszeiten für neue Produkte
- Substituierung komplexer und teurer Fertigungsschritte
- Wirtschaftliche Produktion individualisierter Bauteile
- Fertigung von Produkten aus schwer zerspanbaren Werkstoffen

Kernkompetenzen des Fraunhofer IPK

Ziel der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK ist die langfristige Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden durch anwendungsspezifische System- und Detaillösungen sowie Innovationsvorsprünge. Bezogen auf die additiven Fertigungstechnologien werden dabei alle zur Herstellung eines Produkts notwendigen Schritte und Randbedingungen ganzheitlich betrachtet, um neueste Fertigungstechnologien flexibel miteinander zu kombinieren und adaptierbare Prozessketten entsprechend der Wertschöpfungstiefe im Unternehmen zu entwickeln.

ZIELE

- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Technologie- und Wissensvorsprünge
- Aufbau von adaptierbaren Prozessketten unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten
- Integration neuer Bearbeitungskonzepte zur Reduzierung von Bearbeitungszeiten
- Mobile und automatisierte Bearbeitungsstrategien für eine flexible Produktion

BRANCHEN

- Turbomaschinen
- Werkzeug- und Formenbau
- Luft- und Raumfahrt
- Medizintechnik
- Automotive
- Produktdesign

TECHNISCHE AUSSTATTUNG – VOM DESIGN BIS ZUR QUALITÄTSSICHERUNG

Der Maschinenpark des IPK zeichnet sich durch eine Vielzahl innovativer Technologien aus, mit denen additive Bauteile hergestellt, weiterverarbeitet und geprüft werden können. Das breit gefächerte Verfahrensportfolio bietet Ihnen die Möglichkeit, Produkte der Zukunft hochqualitativ, robust und wirtschaftlich zu fertigen.

Selektives Laserstrahlschmelzen (SLM)

- SLM250 ^{HL}
- 400 W YLR-Laser
- Null-Punkt-Spannsystem für die Nachbearbeitung
- Qualifizierung von metallischen Werkstoffen
- Fertigung von Kleinserien

Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA)

- TruLaser Cell 7020
- 2000 W Scheibenlaser
- Drehkipptisch zur flexiblen Bauteilpositionierung
- Reparatur und Beschichtungen von Komponenten

Selektives Lasersintern (SLS)

DTM Sinterstation 2000

- 100 W CO₂-Laser
- Herstellung von Prototypen
- Geometrie- und Konzeptmodelle aus Kunststoff

3D-Drucker

- HP Designjet 3D, MakerBot Replicator 2X Dual Extruder, Ultimaker Original, Ultimaker 2
- Entwicklung von rezyklierbaren Werkstoffen
- Herstellung von Designmodellen

CAD-CAM-Software

- Ansys Workbench, Solid Works, Magics, Siemens NX
- Simulation, Konstruktion und HMI-Programmierung

Pulveranalyse

- HAVER & Böcker Analysesiebmaschine, EDX-Anlage
- Charakterisierung des Pulvermaterials
- EDX-Analyse zur chemischen Werkstoffanalyse
- Hallflowmeter zur Bestimmung der Fließfähigkeit

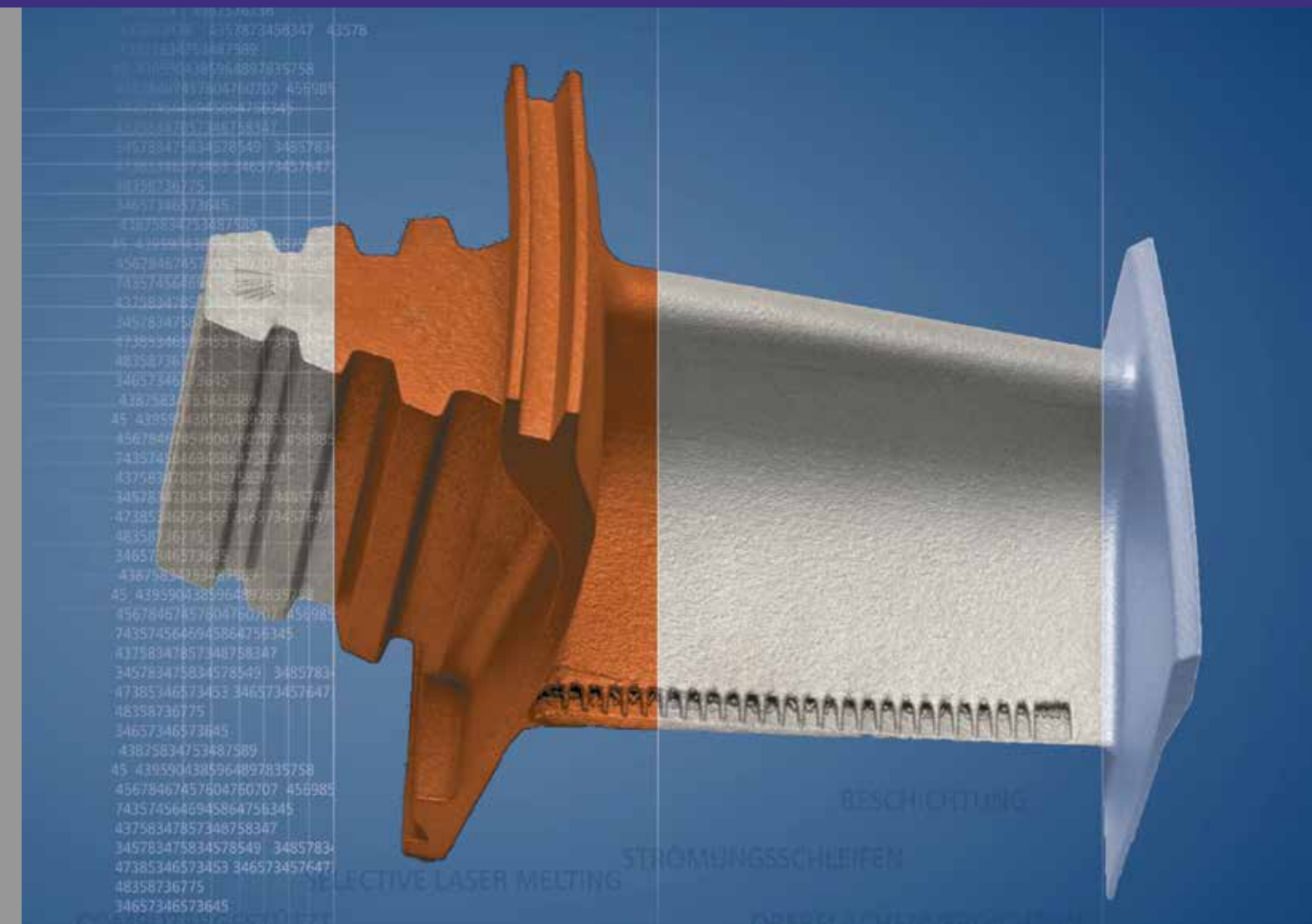
Materialprüfung

- Zwick & Roell Z150, REM Jeol JCM-5000, Neoscope
- Prüfung der Dichte
- Bestimmung der Zugfestigkeit und Härte
- Gefügeuntersuchung

Optische und Taktile Vermessung

- Alicona InfiniteFocus, GOM ATOS 3, Jenoptik nanoscan 855, Zeiss F25, Zeiss LSM 5, Zeiss Metrotom 800, Zeiss O-Inspect
- Prüfung von Geometrie, Rauheit, Kontur und Topografie

ADDITIVE FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN ERFOLG DURCH INNOVATION



BERATUNG - FORSCHUNG - ENTWICKLUNG

Um zukünftig wettbewerbsfähige Produkte auf dem Markt anzubieten, bedarf es individueller, flexibler und ressourcenschonender Fertigungstechnologien. Für einen wirtschaftlichen Einsatz dieser Technologien müssen neue Ansätze im Design, in der Konstruktion und in der Fertigung gefunden werden. Dabei gestalten wir gemeinsam mit Ihnen die Prozesskette, beginnend bei der Auslegung Ihrer Produkte über die Prozessentwicklung bis hin zur Integration additiver Technologien im Unternehmen. Durch vielfältige Leistungen unterstützen wir Sie bei individuellen Fragestellungen auf allen Technologieebenen:

Beratung

- ☑ Machbarkeits- und Potenzialanalysen
- ☑ Beurteilung und Auslegung von Komponenten
- ☑ Beratung bei der Werkstoffauswahl

Recherchen & Marktstudien

- ☑ Patentrecherchen
- ☑ Markt- und Trendstudie Laserstrahlschmelzen 2010 / 2013

Analysen & Simulation

- ☑ Ermittlung und Optimierung von Fertigungsparametern mit Wirtschaftlichkeitsrechnung
- ☑ Belastungsgerechte Auslegung
- ☑ Struktur- und strömungsmechanische Simulation

Produkt- und Prozessentwicklung

- ☑ Reverse Engineering
- ☑ Qualifizierung von Werkstoffen
- ☑ Konstruktion und Fertigung von Prototypen und seriennahen Komponenten
- ☑ Entwicklung von Prozessüberwachungs- und Zustandserfassungssystemen
- ☑ Entwicklung geeigneter Wärmebehandlungsroutinen
- ☑ Identifikation von Nachbearbeitungsverfahren

Implementierung neuer Technologien

- ☑ Entwicklung der Prozess- und Lieferantenkette
- ☑ Gestaltung von Qualitätsmanagementprozessen für die unternehmensindividuelle Zertifizierung
- ☑ Implementierung von additiven Technologien in die bestehende Fertigungsumgebung

Charakterisieren und Prüfen

- ☑ Zerstörungsfreie Bauteilprüfung
- ☑ Oberflächen- und Gefügeuntersuchungen
- ☑ Metallographie und Oberflächenanalyse
- ☑ Statische und dynamische Festigkeitsanalysen

Veranstaltungen und Branchentreffen

- ☑ Werkstattgespräche »Strategien und Technologien«
- ☑ Workshop »Additive Fertigung mit flexiblen Prozessketten«
- ☑ Fachmessen »Rapid.Tech«, »fromnext« und »euromold.«
- ☑ Internationale Konferenz der Fraunhofer-Allianz Generativ »DDMC – Direct Digital Manufacturing Conference«

Ansprechpartner



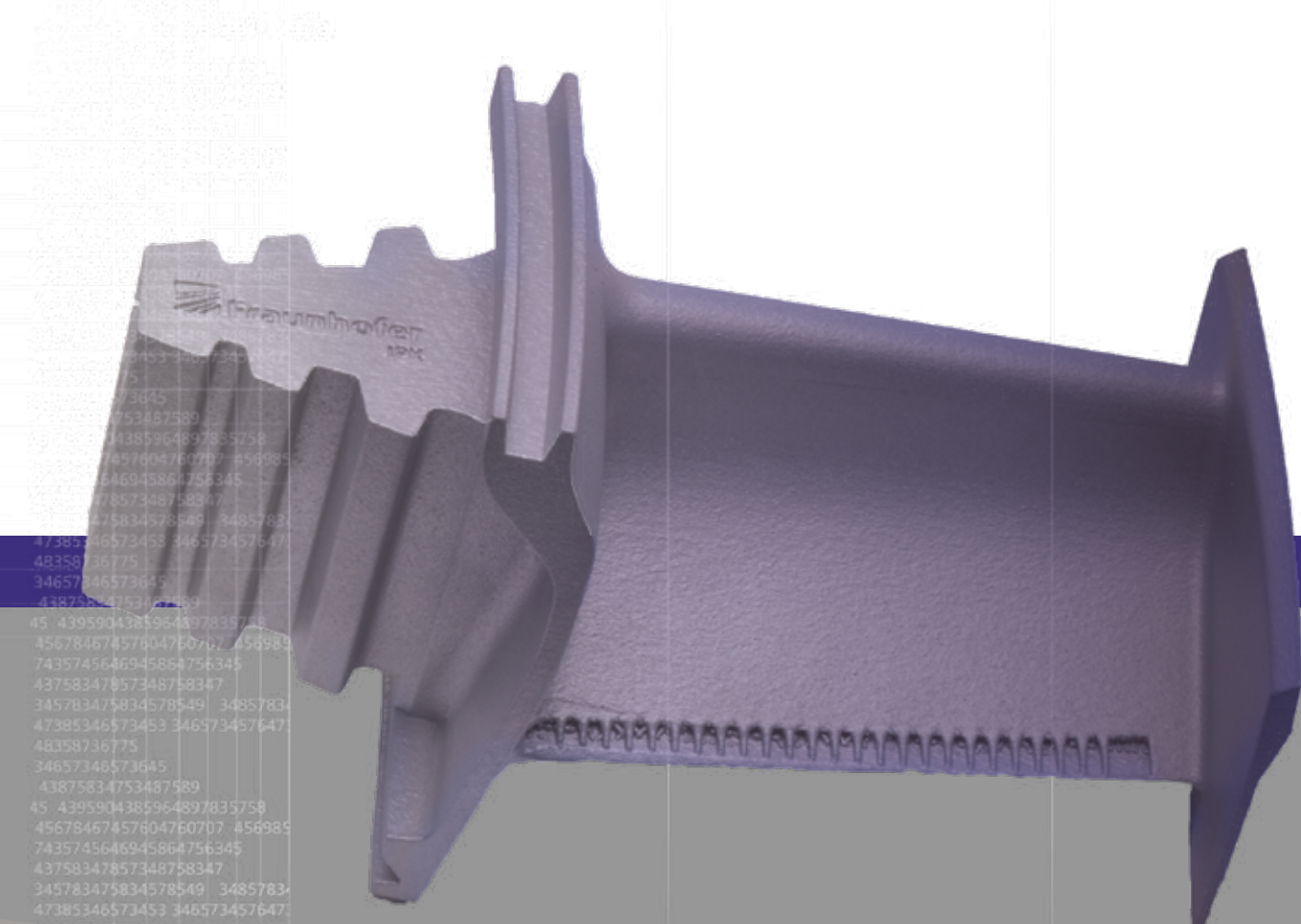


PROJEKTE



PROZESSKETTE

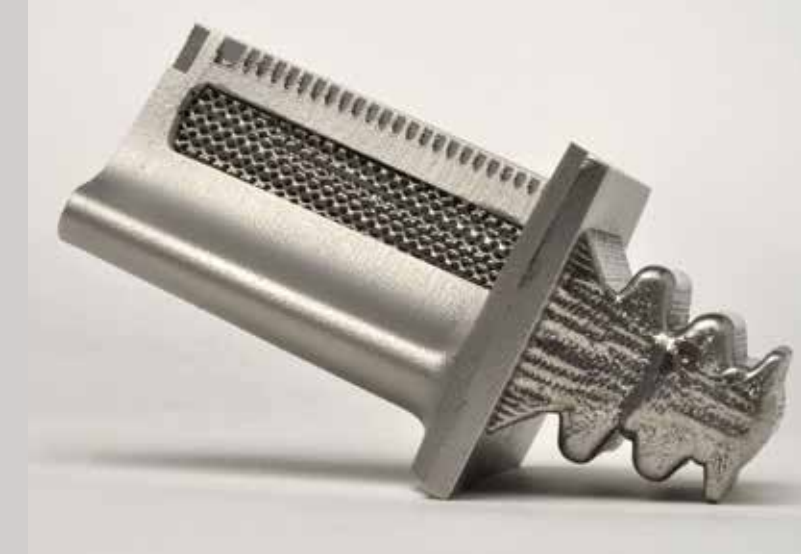
Durch additive Fertigungstechnologien können werkzeugintensive Prozesse ersetzt oder reduziert werden. So können Marktforderungen nach kurzen Durchlaufzeiten und großen Designvariationen erreicht werden. Als Forschungsdienstleister auf dem Gebiet der Produktionstechnik richtet sich das Augenmerk des Fraunhofer IPK jedoch nicht allein auf den additiven Fertigungsschritt selbst. Vielmehr wird dieses innovative Verfahren als integrierter Teil einer kompletten



Fertigungskette verstanden. Um additive Technologien erfolgreich in Ihrem Unternehmen zu integrieren, müssen alle vor- und nachgelagerten Prozesse ineinandergreifen. Nur so können eine robuste Produktion bereitgestellt und die hohen Anforderungen an Qualität, Produktivität und Wirtschaftlichkeit erfüllt werden.



PROJEKTE



VON DER PRODUKTIDEE ZU ANWENDUNGSNAHEN PRODUKTEN

TRENDS UND POTENZIALE ADDITIVER TECHNOLOGIEN

Unternehmen suchen stetig nach neuen innovativen Technologien, die zur Stärkung Ihrer Position im internationalen Wettbewerb dienen. Aufgrund der immer kürzeren Innovationszyklen gewinnt die Integration neuer Technologien ins Unternehmensportfolio zunehmend an Bedeutung, um eigene Produkte schnell im Markt platzieren zu können. Gerade additive Technologien bieten die Chance, zukünftig in verschiedensten Branchen individuelle, hochfunktionsintegrierte und komplexe Produkte in Kleinserie herzustellen. Für die Einordnung von Grenzen und Möglichkeiten additiver Technologien zeigt eine vom Fraunhofer IPK erstellte Studie einen branchenübergreifenden Überblick des Marktzustandes. Es wurden Herausforderungen identifiziert und Erfolgspotenziale aufgedeckt. Die Marktstudie erfasst den heutigen Zustand sowie die Entwicklungen, Herausforderungen und Trends des deutschsprachigen Marktes für das Laserstrahlschmelzen. Dazu wurden Anwender, Dienstleister, Pulver- und Anlagenhersteller sowie Forschungseinrichtungen aus dem Bereich Laserstrahlschmelzen befragt.

IM ÜBERBLICK

- Ziel** Identifikation von Zukunftstrends und Marktpotenzialen
- Vorteile** Unabhängige Fachinformationen und Handlungsempfehlungen für den Einsatz additiver Fertigungstechnologien

LEISTUNGSFÄHIGE LEICHTBAUSTRUKTUREN

Angesichts strenger energiepolitischer und marktwirtschaftlicher Vorgaben stehen Turbomaschinenhersteller vor der Herausforderung, die Leistungsfähigkeit Ihrer Produkte zu steigern. Ziel des Projektes »SimuGen« war die Steigerung der Performance von Turbinenschaufeln durch den innovativen Einsatz des Selektiven Laserstrahlschmelzens in der Fertigung. Im Rahmen des Projektes entwickelten Fraunhofer-Wissenschaftler am IPK beanspruchungsgerechte Leichtbau-Gitterstrukturen und prüften diese experimentell. Parallel dazu erfolgte eine strukturelle Analyse mittels FEM-Simulation unter Berücksichtigung von klassischen und neu ermittelten Werkstoffmodellen. Durch unsere entwickelten Leichtbaukonstruktionen ließen sich deutliche Gewichtsersparnisse erzielen, was zu einer Reduktion der maximal auftretenden Spannungen um 35% führte. Durch effektivere Kühlmethoden innerhalb additiv gefertigter Schaufeln sind höhere Betriebstemperaturen möglich. Diese innovativen Konzepte tragen dazu bei, den Turbinenwirkungsgrad signifikant zu steigern.

IM ÜBERBLICK

- Ziel** Steigerung der Bauteilperformance durch Einsatz additiv gefertigter Bauteilstrukturen
- Vorteile** Verkürzung von Produktentwicklungszeiten, Erprobung von Bauteildesigns



»Lohnt sich der Einsatz additiver Technologien für das Unternehmen?«

Wir analysieren gemeinsam mit Ihnen Ihre Fertigung und zeigen Chancen und Risiken auf.

- ▮ Machbarkeits- und Potenzialanalysen für den Einsatz additiver Technologien
- ▮ Beratung bei der Werkstoffauswahl
- ▮ Analyse von Pulverwerkstoffen

»Wie kann ich mein Bauteil additiv und belastungsgerecht designen?«

Mit unserer langjährigen Erfahrung in der Bauteilauslegung für additive Verfahren sowie mit Hilfe von FEM-Simulationen finden wir das beste Design für Sie.

- ▮ Auslegung der Bauteilgeometrie
- ▮ Strukturmehchanische Simulation
- ▮ Topologieoptimierung von Bauteilen
- ▮ Integration von Leichtbaustrukturen
- ▮ Reverse Engineering zur Produktion ohne Konstruktionszeichnung

»Wie kann ich neue Materialien in additiven Prozessen nutzen?«

Wir qualifizieren neue Materialien für den AM-Prozess und stellen Ihnen die optimalen Prozessparameter zur Verfügung.

- ▮ Materialqualifizierung
- ▮ Fertigung von Prototypen und Produkten bis hin zur Kleinserie
- ▮ Kombination Selektives Laser Melting und Laser-Pulver-Auftragschweißen

»Wie können die Eigenschaften meiner additiv gefertigten Bauteile verbessert werden?«

Durch unser breites produktionstechnisches Know-how finden wir für Ihr Produkt die idealen Nachbearbeitungsstrategien.

- ▮ Entfernung von Pulverrückständen mittels Reinigungsverfahren
- ▮ Wärmenachbehandlung
- ▮ Trennen durch elektroerosive Bearbeitung
- ▮ Festlegung der Oberflächeneigenschaften durch Schleifen, Strahlen und Beschichten
- ▮ Bearbeitung innerer Kavitäten

»Genügen die Werkstoffeigenschaften additiv gefertigter Bauteile meinen Anforderungen?«

Mit unseren Messsystemen vor Ort und der Hilfe unserer erfahrenen Partner bestimmen wir alle notwendigen Materialeigenschaften.

- ▮ Optische und taktile Bauteilvermessung
- ▮ Festigkeitsuntersuchungen
- ▮ EDX-Analyse
- ▮ Oberflächen- und Gefügeuntersuchungen
- ▮ Zerstörungsfreie Materialprüfung

»Wie kann ich additive Prozessketten in meine Produktion integrieren?«

Basierend auf der Analyse Ihrer Unternehmensprozesse entwickeln wir Integrationskonzepte für additive Technologien in Ihrem Unternehmen. Dabei berücksichtigen wir vor- und nachgelagerte Prozesse, die für Ihre Fertigungslinie maßgeblich sind.

- ▮ Planung und Inbetriebnahme
- ▮ Entwicklung Anlagen und Komponenten
- ▮ Seminare und Schulungen
- ▮ Bereitstellung eines Netzwerkes

FLEXIBLE FERTIGUNG VON TURBINENKOMPONENTEN

Additive Technologien haben das Potential, viele Produkte funktionaler, günstiger und schneller verfügbar zu machen. Dass die Mehrwerte bisher nur unzureichend genutzt werden, ist auch der fehlenden Verzahnung der additiven Prozesse mit konventionellen Fertigungstechnologien geschuldet. Allein mit additiven Technologien können meist keine einsatzfähigen Produkte gefertigt werden, die den Qualitätsanforderungen der Wirtschaft genügen. Die Wissenschaftler des IPK konzipieren deshalb speziell an den Produktanforderungen ausgerichtete additive Prozessketten, beispielsweise im Rahmen des Forschungsprojektes »ProFeX«, wo eine additive Prozesskette für Turbinenkomponenten wie Brenner und Schaufeln aus Inconel 718 entwickelt wird. Vom fertigungsgerechten Design über die Entwicklung prozesssicherer Maschinenparameter und die additive Fertigung bis hin zu den anspruchsvollen Nachbearbeitungsverfahren, wie Wärmebehandlung, Strömungsschleifen und Kugelstrahlen, werden alle Prozesse miteinander vereint. Zu einer Prozesskette gehören nach unserem Verständnis auch die parallele Qualitätssicherung aller Teilschritte und eine abschließende Bauteilprüfung. Im Projekt »ProFeX« werden deshalb Inline-Monitoring-Systeme für additive Fertigungsanlagen weiterentwickelt und Bauteile im realen Turbinenbetrieb getestet. Höchste Qualität und Sicherheit für die Industrie ist das übergeordnete Ziel der beteiligten Industriepartner.

IM ÜBERBLICK

- Ziel** Wirtschaftliche Prozessketten für die Industrie, Erfüllung der Qualitäts- und Sicherheitsstandards der Wirtschaft
- Vorteil** Design nach additiven Fertigungsrichtlinien, Auslegung und Kombination von Teilprozessen, Material- und Bauteiltests
- Partner** AneCom, MIC Metal Improvement Company, SLM Solutions, Siemens, TU Berlin

WETTBEWERBSVORTEILE DURCH TECHNOLOGIEKOMBINATION

Im Rahmen des Forschungsprojektes »KombiPro« wurde eine Prozesskette zur kombinierten additiven Fertigung von metallischen Bauteilen entwickelt. Da diese Prozesskette aus den Verfahren Selektives Laserstrahlschmelzen und Laser-Pulver-Auftragschweißen sowie aller erforderlichen Nachbearbeitungsverfahren besteht, ist nun auch die Fertigung hochkomplexer Werkstücke mit einem Gesamtvolumen von bis zu 1,6 Kubikmeter möglich. Im Vergleich zum indirekten Strahlschmelzverfahren entfallen zeit- und kostenintensive Nachbehandlungen, sodass die gesamte Prozesskette und damit die Fertigungszeit des individuellen Produkts verkürzt werden kann. Für Branchen mit sehr kurzen Produktlebenszyklen stellt diese Zeitersparnis einen enormen Wettbewerbsvorteil dar. Die Komplexität des Bauteils hat beim SLM-Verfahren nur einen geringen Einfluss auf die Stückkosten, da diese vor allem volumen- und nicht geometrieabhängig sind. Besonders gut geeignet für das Selektive Laserstrahlschmelzen sind Bauteile hoher Komplexität, da deren Fertigung mit den konventionellen Verfahren entweder sehr kostenintensiv oder gar nicht realisierbar ist.

IM ÜBERBLICK

- Ziel** Entwicklung einer produktiven Verfahrenskette durch Kombination additiver Technologien, Werkstoffqualifikation
- Vorteile** Reduzierung der Prozesszeiten und -kosten, Erhöhung der Produktlebensdauer