Sachbericht zum Verwendungsnachweis
Teil I: Kurzbericht

Verbundprojekt
KMU-innovativ – Verbundvorhaben Ressourceneffizienz: LoopAdd – Geregelte Kreislaufführung von Kunststoffpulver für das selektive Lasersintern durch Inline-Analytik, Pulveraufbereitung und adaptive Prozessführung

Teilvorhaben A
Prozessführung

Förderkennzeichen
033RK099A

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Laufzeit
01.06.2022 – 30.11.2024

Zuwendungsempfänger
Visiotech GmbH
Riedwiesenstr. 7
71229 Leonberg

VISIOTECH

Projektleiter
Herr Stephan Sterzl

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033RK099A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

1 Ursprüngliche Aufgabenstellung / wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung einer geregelten Kreislaufführung von Kunststoffpulvern für das selektive Lasersintern (SLS), die durch die Kombination von Inline-Analytik, additiver Pulveraufbereitung und adaptiver Prozessführung eine vollständige Nutzung des eingesetzten Materials ermöglichen sollte. Ausgangspunkt war der Stand der Technik, bei dem ca. 50 % des verwendeten Pulvers nach einem Bauprozess ungenutzt verblieben. Die Wiederverwendbarkeit war bisher nicht systematisch steuerbar, da keine verlässlichen, inline-erfassten Kenngrößen zur Charakterisierung des Pulvers vorlagen. Ziel war es daher, ein prozessintegriertes, rückgekoppeltes System zu schaffen, das auf messtechnischer Basis eine ressourceneffiziente Wiederverwendung des Pulvers bei gleichbleibend hoher Bauteilqualität ermöglicht.

2 Ablauf des Vorhabens

Das Projekt startete mit einer ambitionierten Zielsetzung: Die Entwicklung eines vollintegrierten, geregelten Kreislaufsystems zur Wiederverwendung von SLS-Kunststoffpulver. Zu Beginn zeigten sich jedoch erste Verzögerungen durch pandemiebedingte Lieferkettenprobleme. Notwendige Anlagenkomponenten trafen verspätet ein oder mussten angepasst werden, was den Aufbau von Testumgebungen verzögerte.

Ein wesentlicher Einschnitt erfolgte durch die Insolvenz des Projektpartners Börger, der ursprünglich zentrale Beiträge zur Anlagenintegration, Pumpentechnik und Schnittstellen-entwicklung leisten sollte. Dadurch entfiel die Möglichkeit, eine durchgängig automatisierte Systemlösung im geplanten Umfang umzusetzen. Visiotech übernahm in der Folge zahlreiche Aufgaben in Eigenregie: Die Pumpeinheit wurde angepasst, das Ultraschallsieb manuell integriert, und einzelne Module [redacted] wurden unabhängig voneinander aufgebaut und miteinander verbunden. Die Gesamtintegration wurde modular gelöst, um trotzdem einen durchgängigen Pulverkreislauf darstellen zu können.

Ein weiteres Problem betraf die geplante Additivierungseinheit des Fraunhofer IPA. Die im Projekt umgesetzten Prototypen waren für den Regelbetrieb noch nicht geeignet. Die Folge war, dass die Dosierung von Additiven nur mittels Feinwaage und Messbecher manuell durchgeführt werden konnte.

Zudem konnte die geplante Sensortechnik durch den Projektpartner Nova Industrial Analytics noch nicht als Inline- fähiges Messsystem bereitgestellt werden. Die angestrebte adaptive Steuerung der Rezepturen auf Basis messtechnischer Rückmeldungen war damit nicht realisierbar. Visiotech setzte stattdessen auf vorab definierte, prozesssichere Rezepturen ('goldene Mischung'), die manuell befüllt und über optimierte Mischer verarbeitet wurden.

Trotz dieser Rückschläge gelang es Visiotech, ein praxistaugliches, ressorceneffizientes System aus Einzelmodulen zu entwickeln, das in der internen Produktion zwischenzeitlich erfolgreich eingesetzt wird. Einzelne Komponenten daraus – wie die [redacted]beschichtete Klinge oder der Stickstoff-Umrüstsatz – wurden nach Projektende bereits extern vertrieben.

3 Wesentliche Ergebnisse (sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen)

Visiotech konnte Lösungen realisieren, die zu einer signifikanten Steigerung der Ressourceneffizienz im SLS-Verfahren beitragen. Im Mittelpunkt stand die Umsetzung einer prozessintegrierten Wiederverwendung von Kunststoffpulvern durch innovative Verfahrensbausteine:

- Reduktion der Auffrischrate von 50 % auf 25 %: Dies wurde durch optimierte Aufbereitung, [redacted] und angepasste Pulverrezepturen erreicht.
- Definition und Umsetzung der „Goldenen Mischung“: Reproduzierbare, praxisnahe Standardrezeptur für stabile Bauteilqualität bei variabler Altpulverbeimischung.
- Effiziente [redacted]einheit mit [redacted] und [redacted]abscheider: trennscharfe Entfernung von Feinanteilen, die sich [redacted] nicht effektiv trennen lassen, um das Verhältnis von Grob- zu Feinanteil bzw. von Alt- zu Neupulver im finalen Mischungsrezept definiert einzustellen.
- Einsatz innovativer Stickstoffversorgungssysteme anstatt Inertisierung zur Reduzierung des Sauerstoffanteils auf 0,01 % (entspricht 99,9 % Reinheit); minimale oxidative Alterung.
- Einführung des Konzepts „Materialumgebungsfeuchte“: Einfache, effektive Messgröße zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung und Verbesserung der Schichtqualität.
- [redacted]beschichtete Klinge zur Verbesserung der Pulververteilung: Verhindert Pulveranhaftung, reduziert Riefenbildung, erhöht Prozesssicherheit – inzwischen vermarktetes Produkt.
- Systematische Untersuchung des Curling-Effekts und Einführung von Downskin-Belichtungsstrategien: Spezielle Energieprofile zur Vermeidung von Aufwölbungen in den ersten Schichten.
- Optimierte Siebtechnik mittels Ultraschall-Sieb mit Absaugung: Effiziente Separierung nutzbarer Pulverfraktionen für den Wiedereinsatz.
- Mechanisch verbesserter Mischer mit Vibrationsunterstützung: Homogenes Mischergebnis bei deutlich reduziertem Bedienaufwand.
- Vernetzte Fördertechnik inkl. DIP-Pumpe, Adaptionen und Sensorik: Modular aufgebauter Pulverkreislauf mit überwachter Entleerung und automatischer Abschaltung.
- Automatisierte Steuerung einzelner Prozessmodule durch Visiotech: Notwendige Kompensation der ursprünglich geplanten, aber entfallenen Gesamtregelung.
- Lager- und Trackingkonzept für Pulverchargen: 220-Liter-Fässer mit QR-Codierung zur lückenlosen Rückverfolgung im internen Pulverkreislauf.

Die entwickelten Komponenten und Erkenntnisse werden bei Visiotech bereits in der laufenden Fertigung eingesetzt und bieten ein hohes Transferpotenzial für externe Anwendungen. Einzelkomponenten wie [redacted]beschichtete Klingen und Stickstoffkits werden aktiv vermarktet. Perspektivisch ist der Aufbau einer modularen, adaptiven und vollautomatischen Gesamtlösung geplant, die eine vollständige Pulverkreislaufführung mit standardisierter Qualitätssicherung ermöglicht.

Damit leistet das Projekt LoopAdd einen substanziellen Beitrag zur nachhaltigen Materialnutzung in der additiven Fertigung und stärkt gleichzeitig die Wettbewerbsposition von Visiotech als technologieorientiertes KMU.