

Additives Fertigungsverfahren auf Holzwerkstoffbasis (3D-Drucker)

Additive Manufacturing Methods on the Basis of Wood-based Materials (3D Printing)

Projektleiter

Project Leader:

Jens Wiedemann

Projektbearbeiter

In-charge:

Jens Wiedemann,
Dirk Hohlfeld

Fördermittelgeber

Funding organisation:

BMW i (ZIM)

Projektpartner

Project Partner:

NEXLASE GmbH,
HNE Eberswalde (iWH)

EINLEITUNG

Während das Thema 3D-Druck erst seit einigen Jahren von einer breiteren Öffentlichkeit wahrgenommen wird, gehen seine Anfänge mit der Erfindung der Stereolithographie bereits auf die erste Hälfte der 1980er Jahre zurück. Sowohl Druckverfahren, eingesetzte Materialien als auch Anwendungsfelder betreffend, hat auf dem Gebiet der additiven Fertigung seitdem eine rasante Entwicklung stattgefunden. Die Spanne reicht dabei von einfarbigen Designobjekten, ineinandergreifenden Bauteilgruppen oder dem Vollfarbkunststoffdruck bis hin zum hochpräzisen Metalldruck (z. B. medizinische Prothesen) oder dem Betondruck kompletter Gebäude.

ZIELSTELLUNG

Ziel war es, ein additives Verfahren zur Fertigung von Bauteilen auf Holzwerkstoffbasis zu entwickeln. Entgegen der bereits bekannten Verwendung von Holzbestandteilen als Füllstoff für im Schmelzschichtverfahren verarbeitete Kunststofffilamente, wurde das Selektive Lasersintern mittels CO₂-Laser zur Umsetzung der Zielstellung ausgewählt. Während die inhaltlichen Schwerpunkte der Kooperationspartner im Bereich der Entwicklung und Adaption eines Laser- und Strahlführungskonzeptes (NEXLASE GmbH) bzw. bei der maschinellen Umsetzung und dem Materialauftrag (HNE Eberswalde) angesiedelt waren, lag der Fokus der am IHD durchgeführten Arbeiten in der Entwicklung und Erprobung geeigneter Baumaterialzusammensetzungen sowie bei Untersuchungen zum laserinduzierten Aushärteverhalten.

INTRODUCTION

While the general public has been aware of the topic of 3D printing for only a few years, its beginnings go back to the early 1980s with the invention of stereolithography. With regard to the printing process, materials applied and fields of application, the field of additive manufacture has undergone a rapid development, thereby ranging from monochrome design objects, intertwining assemblies or the full-colour plastics printing down to highly precise metal printing (e.g., for medical prostheses) or concrete printing of entire buildings.

OBJECTIVE

It was the objective to develop an additive method for the manufacture of wood-based components. Contrary to the already known use of wood constituents as fillers in plastics filaments processed in fused filament fabrication, selective laser sintering applying CO₂ lasers was chosen for implementing the objective. While the cooperation partners focused on developing and adapting a laser and beam-guidance concept (NEXLASE GmbH) or on the implementation by machines and on material application (HNE Eberswalde), the works performed at the IHD concentrated on developing and testing appropriate building material compositions and on investigating the laser-induced curing behaviour.

MATERIAL AND METHODS

Within the scope of the investigations, usually powdered mixtures, consisting of various

MATERIAL UND METHODEN

Im Rahmen der Untersuchungen kamen in der Regel pulverförmige Mischungen, bestehend aus verschiedenen Holzmehlen auf der einen sowie unterschiedlichen thermoplastischen Kunststoffarten auf der anderen Seite, zum Einsatz (Abb. 1). Bei den Holzmehlen wurden Varianten mit durchschnittlichen Partikelgrößen von etwa 25 μm bis hin zu einem reichlichen Millimeter verwendet. Seitens der Kunststoffe kamen unter anderem PLA, PA 12 und verschiedene TPU-Sorten zum Einsatz. Einige davon lagen mit durchschnittlichen Partikelgrößen von 5 μm bis 200 μm bereits in Pulverform vor, andere waren nur in Form von Granulaten verfügbar und wurden versuchsweise mit einer Kryomühle zerkleinert.

forms of wood flour on the one hand, and different kinds of thermoplastics on the other, were applied (Fig. 1). Regarding the wood flour, variants of average particle sizes from about 25 μm up to a little more than one millimetre were used. The plastics included PLA, PA12 and several TPU assortments. Some of them were already available in powder form of particle sizes from 5 to 200 μm , others were available as granulates only and were test-crushed in a cryogenic mill.

A multitude of tests were run for the laser-induced curing behaviour and for the structure of multi-layered bodies by varying several parameters, such as laser performance, scanning speed, line spacing or layer thickness. Apart from tests on the demixing behaviour of the building material, both visual macro-

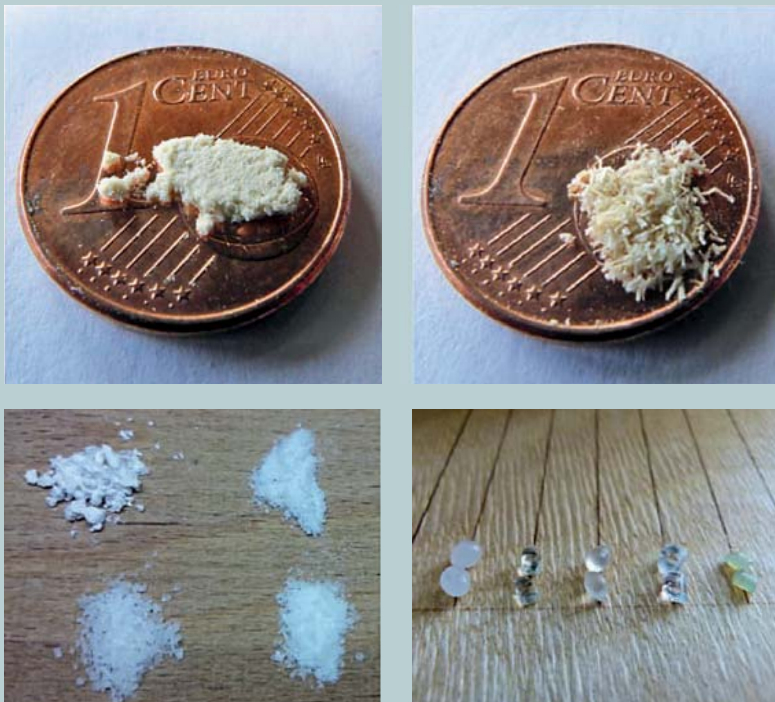


Abb. 1: Holzmehle sowie Kunststoffe in Pulver- und Granulatform

Fig. 1: Wood flours and plastics as powders or granulates

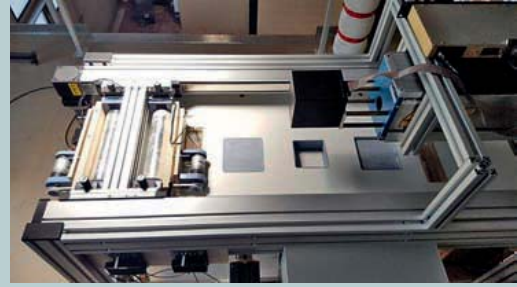


Abb. 2: Finaler Versuchsaufbau mit automatisiertem Materialauftrag
 Fig. 2: Final test setup with automated material application

Unter Variation verschiedener Parameter wie Laserleistung, Scangeschwindigkeit, Zeilenabstand oder Schichtdicke wurde eine Vielzahl von Versuchen zum laserinduzierten Aushärteverhalten sowie zum Aufbau mehrschichtiger Körper realisiert. Neben Versuchen zum Entmischungsverhalten des Baumaterials wurden sowohl makroskopisch visuelle als auch mikroskopische Untersuchungen zur Bewertung der ausgehärteten Baumaterialschichten sowie des Verbundes mehrerer Schichten untereinander durchgeführt. Während bis auf die Steuerung des Lasers zunächst alle Versuche in komplett händischer Arbeitsweise erfolgten, konnte im Verlauf des Projektes eine schrittweise Erweiterung der Versuchsaufbauten bis hin zu einem fast vollständig automatisierten Materialauftrag über rotierende Walzen realisiert werden (Abb. 2).

ERGEBNISSE

Für viele während der Projektbearbeitung aufgetretene Problemstellungen konnten erste Lösungsansätze erarbeitet und geeignete Prozessparameter gefunden werden. Zu nennen wären hierbei beispielsweise die Pyrolyse des Holzes, ein Aufflocken zuvor glatter Baumate-

scopie und mikroskopische Untersuchungen wurden durchgeführt, um die geätzten Schichten des Baumaterials und deren Verklebung untereinander zu bewerten. Während, abgesehen von der Steuerung des Lasers, alle Versuche zunächst vollständig händisch durchgeführt wurden, konnte im Laufe des Projektes der Versuchsaufbau bis hin zu einem fast vollständig automatisierten Materialauftrag über rotierende Walzen erweitert werden (Abb. 2).

RESULTS

For many issues that occurred during the term of the project, initial solution approaches could be elaborated and suitable process parameters be found. In that respect, pyrolysis of the wood, flocculation of previously smooth building material layers due to evaporation of the water share contained in the wood, signs of delamination, shrinking or problems with adhesion of the printed component to the substrate can be mentioned. As could be expected, the quality of the printed products differs – partially substantially – depending on the plastics used. More than from the actual plastic type itself, the results are strongly influenced by the particle size of the plastic powder. Best results could



Abb. 3: Helligkeitsabgestufte Druckbilder (links), poröses Druckerzeugnis unter Nutzung groben Holzmehls (Mitte), ansprechende Konturschärfe (rechts)

Fig. 3: Brightness-graded printed images (left), porous printed product made by using coarse wood flour (centre), appealing contour definition (right)

rialschichten infolge der Verdampfung des im Holz befindlichen Wasseranteils, Delaminations- sowie Schrumpferscheinungen oder Probleme mit der Bauteil-Untergrundanhaftung.

Wie zu erwarten war, unterscheidet sich die Qualität der Druckerzeugnisse in Abhängigkeit der verwendeten Kunststoffe zum Teil recht erheblich. Mehr noch als von der konkreten Kunststoffart selbst, werden die Ergebnisse stark von der Partikelgröße des Kunststoffpulvers beeinflusst. So konnten beste Resultate mit einem sehr feinen PA 12-Pulver erzielt werden. Vergleichsweise gut aufgelöste Konturen, Helligkeitsabgestufte Druckbilder sowie relativ dichte als auch porösere Druckerzeugnisse (Abb. 3) bilden einen vielversprechenden Ausgangspunkt für weiterführende Forschungstätigkeiten im Bereich des holzwerkstoffbasierten 3-D-Drucks.

be achieved by using very fine PA 12 powder. Rather well resolved contours, brightness-graded printed images and relatively dense as well as more porous printed products (Fig. 3) form a promising starting point for further research in the field of wood-based 3D printing.