



TECHNISCHE HOCHSCHULE
OSTWESTFALEN-LIPPE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS



wip – wood inject printing

Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten
in dünnen Holzwerkstoffen

Prof. Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL

wood inject printing: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

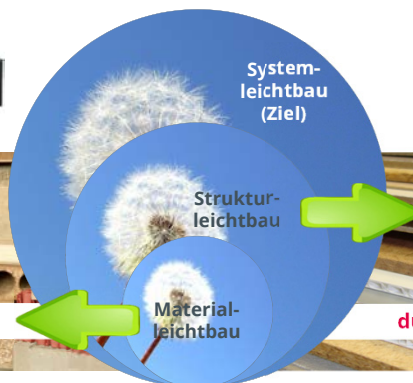


Ansätze der Leichtbaukonstruktion

z.B. Porsche-Küche
von Poggenpohl

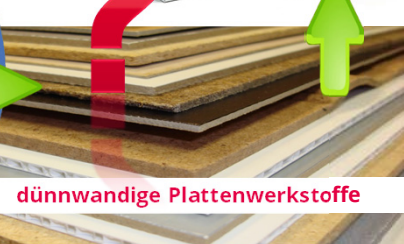


Sandwiches mit dünnen Decks



Verbindungs- technik

z.B. Regal von
Thomas Beck



dünnwandige Plattenwerkstoffe

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

2

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



Die Idee zur smarten Verbindung

Herstellung von **kombiniert-schlüssigen Verbindungspunkten** in dünnwandigen Plattenwerkstoffen



materialabtragende Bearbeitung
(Bearbeitungszentrum)

additive Fertigung
Fused Layer Modeling (FLM)

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

3

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



**> Ausbildung hochwirksamer Anschluss-
punkte zu dünnen Holzwerkstoffen**

Drucken auf die Oberfläche

Drucken in Ausnehmungen

z.B. Stützstrukturen

Daraus ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten:
... , technischer + dekorativer Art

z.B. Eckverbindungen

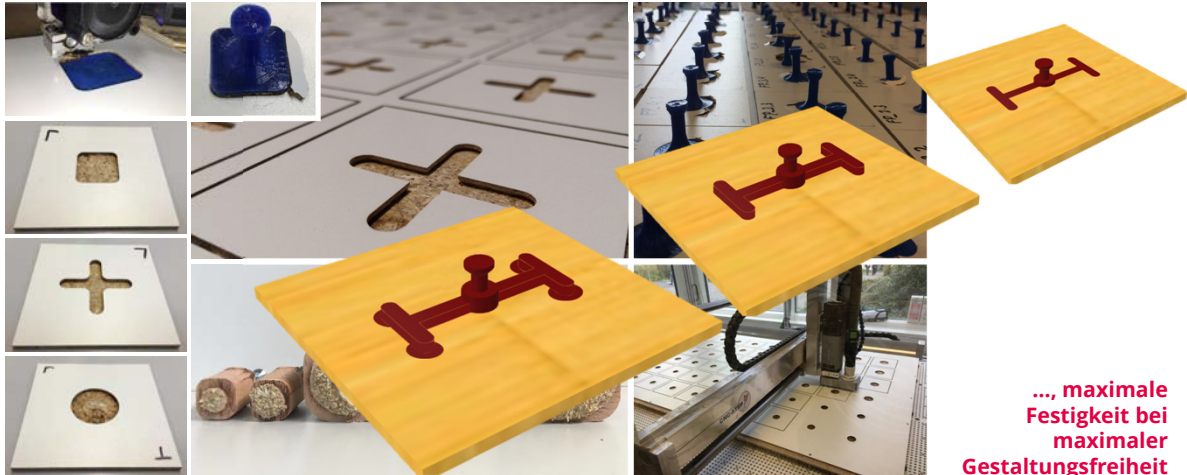
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

4

wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



..., maximale Festigkeit bei maximaler Gestaltungsfreiheit

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

5

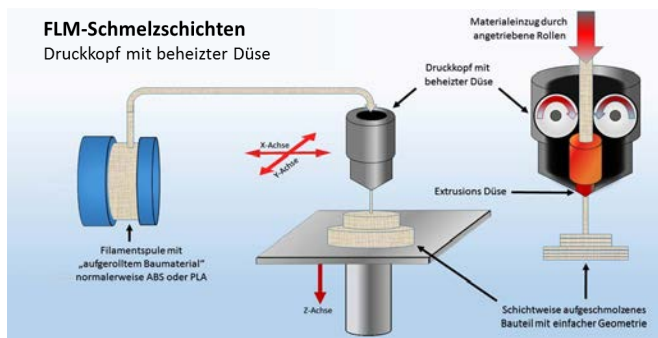
wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte WIP-Verbindungstechnik

Der 3D-Druck (3D Printing), das FLM-Verfahren (Fused Layer Modeling) ist ein vom Grundsatz her **vollkommen berührungsloses, vollkommen kontaktfreies, additiv aufbauendes Verfahren**, bei dem aufgeschmolzenes, i.d.R. thermoplastisches Filament schichtweise abgelegt wird.

> **Legen ohne jeglichen Kontakt der Druckdüse mit der darunter befindlichen Schicht**



üblicher, einfacher Druckkopf

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

6

wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

smarte wip-Verbindungstechnik

Der 3D-Druck ist ein **werkzeugfreies, rein datenbasiert Herstellverfahren**, dass schnell und auch in kleineren Losgrößen (bis zur Losgröße „1“) – so wie die CNC-Frästechnik zur Substratvorbereitung – wirtschaftlich eingesetzt werden kann.

Volumenmodell aus CAD-System

trianguliertes 3D-Modell im STL-Format

```

M103 S100
M104 S100
M105 S100
M106 S100
M107 S100
M108 S100
M109 S100
M110 S100
M111 S100
M112 S100
M113 S100
M114 S100
M115 S100
M116 S100
M117 S100
M118 S100
M119 S100
M120 S100
M121 S100
M122 S100
M123 S100
M124 S100
M125 S100
M126 S100
M127 S100
M128 S100
M129 S100
M130 S100
M131 S100
M132 S100
M133 S100
M134 S100
M135 S100
M136 S100
M137 S100
M138 S100
M139 S100
M140 S100
M141 S100
M142 S100
M143 S100
M144 S100
M145 S100
M146 S100
M147 S100
M148 S100
M149 S100
M150 S100
M151 S100
M152 S100
M153 S100
M154 S100
M155 S100
M156 S100
M157 S100
M158 S100
M159 S100
M160 S100
M161 S100
M162 S100
M163 S100
M164 S100
M165 S100
M166 S100
M167 S100
M168 S100
M169 S100
M170 S100
M171 S100
M172 S100
M173 S100
M174 S100
M175 S100
M176 S100
M177 S100
M178 S100
M179 S100
M180 S100
M181 S100
M182 S100
M183 S100
M184 S100
M185 S100
M186 S100
M187 S100
M188 S100
M189 S100
M190 S100
M191 S100
M192 S100
M193 S100
M194 S100
M195 S100
M196 S100
M197 S100
M198 S100
M199 S100
M200 S100
                    
```

Ablauf der Programmierung

- Allgemeine Voreinstellungen zum Start des Prozesses
- Aufheizen
- Anfahrbewegung
- Start des Bewegungsablaufs für den Baugewest

Schichtweiser Aufbau

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

7

wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

smarte wip-Verbindungstechnik

Angaben zu Materialmengen, Temperaturen, Verfahrenswegen und -geschwindigkeiten der Druckdüse, Schichtdicken etc. beziehen sich auf den Einsatz von PLA-Filament (Polylactide (Polymilchsäuren), synthetische Polymere, die zu den Polyester zählen) mit einem Filamentdurchmesser von 1,75 mm, welches beim normalen, kontaktlosen 3D-Druck mit einer Druckdüse im Durchmesser von 0,4 mm abgelegt wird.

0,2 mm **0,15 mm** **0,1 mm**

Aufgrund der Materialentspannung kommt es unmittelbar nach dem Ablegen zur Strangaufweitung auf etwa 0,45 bis 0,48 mm. Dabei wird im WIP-Druckprozess eine Materialmenge von nur 0,06 mm pro 1 mm Verfahrensweg der Druckdüse gefördert, was zu geringen Schichtdicken von 0,1 mm führt (übliche Schichtdicken liegen bei etwa 0,3 bis 0,5 mm)

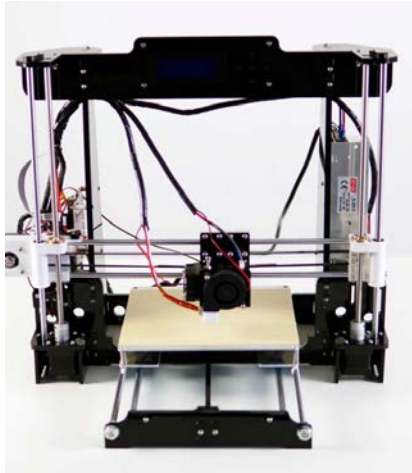
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

8

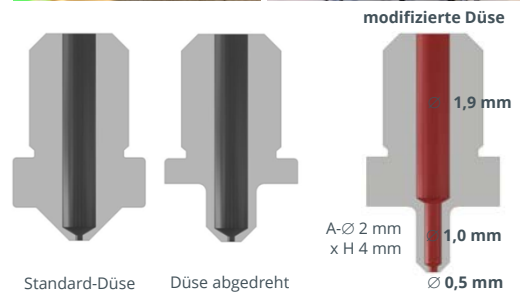
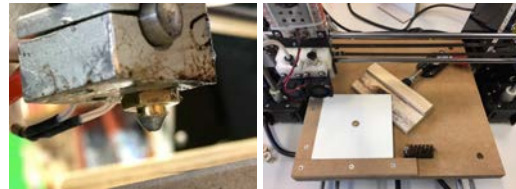
wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



FLM-Drucker
(Arnet A8 – Bausatz
für etwa 100 €) +
Druck-Düse



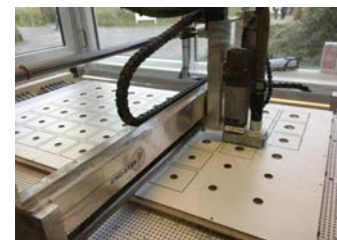
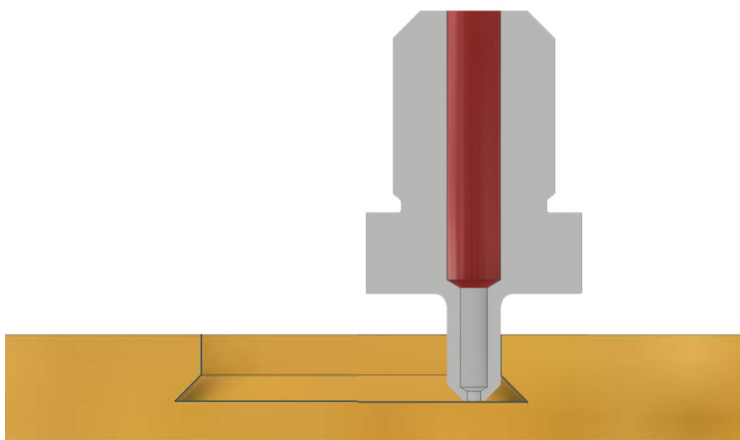
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

9

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



Substrat-Ausnehmungen werden
vorher konventionell CNC-gefräst.

Absenken der Druckerdüse
auf den Grund der
Substratausnehmung
(Z=0, also bis zum Kontakt)

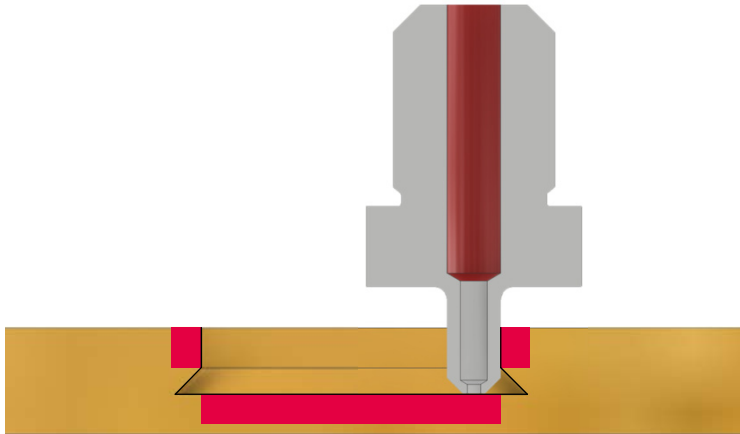
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

10

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



1. Prozessschritt:

Vorwärmen mit der trockenen, überhitzten Druckerdüse (235°C) im Vollkontakt mit Grund und Leibung der hinterschnittenen Substratausnehmung

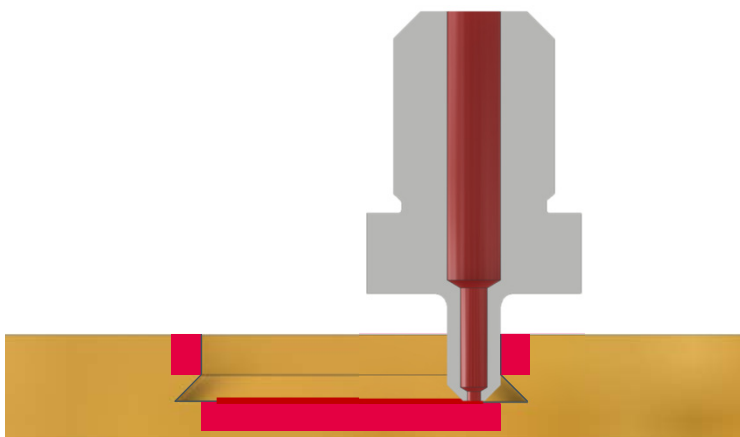
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

11

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



2. Prozessschritt:

Aufbringen der ersten Kontaktschicht unter hohem Druck mit der heißen Druckerdüse (235°C) in die Grundfläche der Substratausnehmung („Einmassieren“)

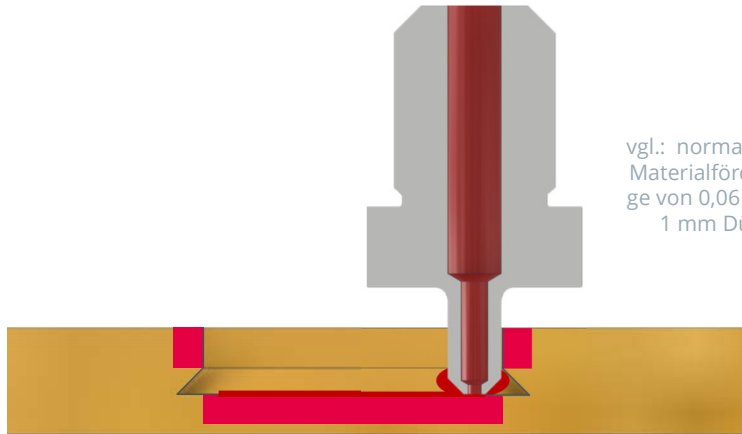
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

12

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



vgl.: normal ist eine Materialfördermenge von 0,06 mm pro 1 mm Düsenverfahrweg

Z immer noch = 0, also im Vollkontakt

sehr große Materialfördermenge von 1,75 mm Filament ($\varnothing 1,4$ mm) pro 1 mm Düsenverfahrweg bei halber Geschwindigkeit von 20 mm/s

3. Prozessschritt:

Extrudieren eines voluminösen, heißen Polymerstranges (235°C) mit der Druckerdüse im Vollkontakt mit Grund entlang der Außenkontur der Ausnehmung

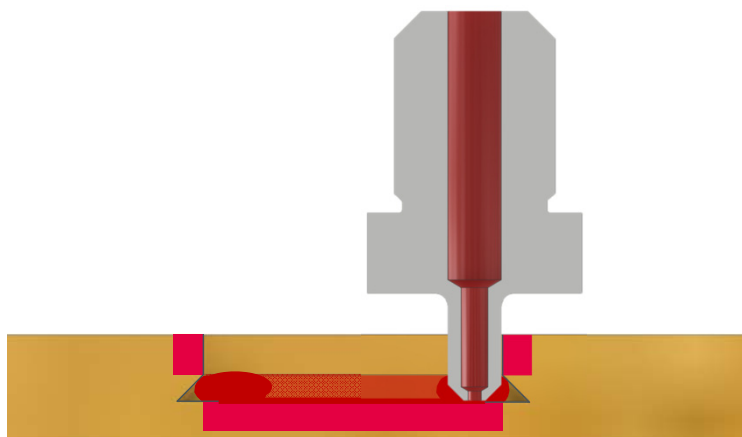
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

13

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



3. Prozessschritt:

Extrudieren eines voluminösen, heißen Polymerstranges (235°C) mit der Druckerdüse im Vollkontakt mit Grund entlang der Außenkontur der Ausnehmung

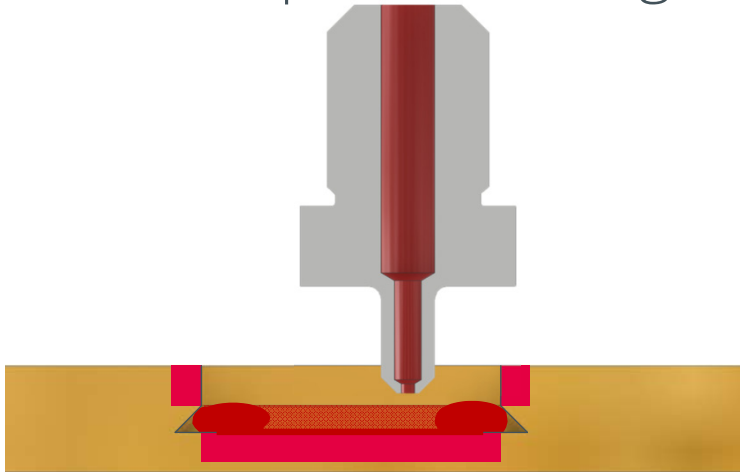
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

14

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



Dabei wird parallel die Düsen-
temperatur auf 190°C gesenkt.

4. Prozessschritt:

Verdrängen des zuvor abgelegten
Polymerstranges mit der Drucker-
düse in einer versetzten, „trocke-
nen“ Fahrt in den Bereich des
Hinterschnittes der Ausnehmung

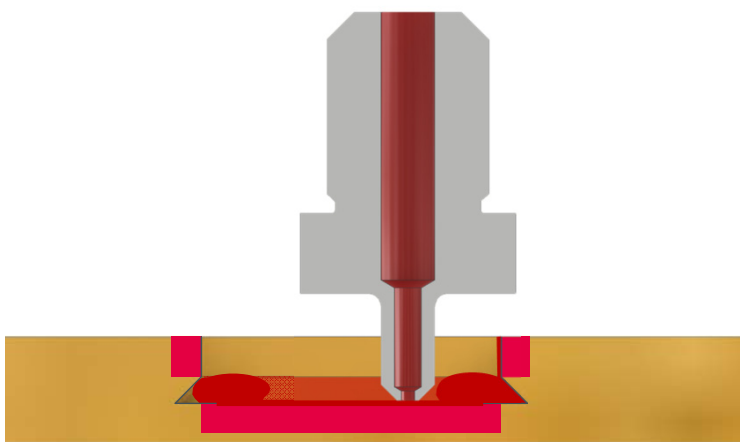
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

15

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



Dabei wird parallel die Düsen-
temperatur auf 190°C gesenkt.

4. Prozessschritt:

Verdrängen des zuvor abgelegten
Polymerstranges mit der Drucker-
düse in einer versetzten, „trocke-
nen“ Fahrt in den Bereich des
Hinterschnittes der Ausnehmung

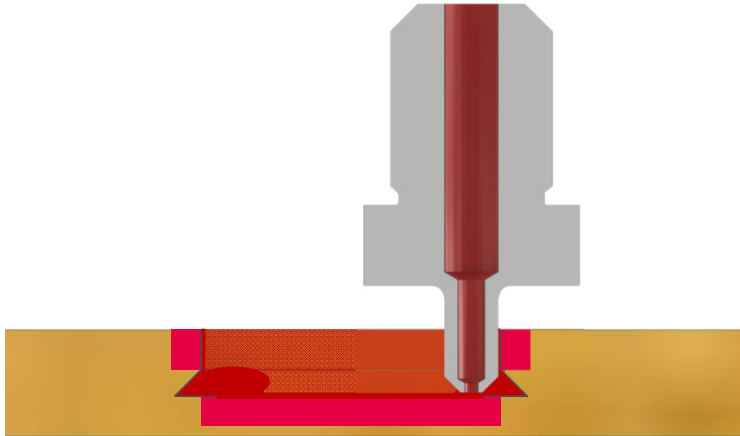
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

16

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



4. Prozessschritt:

Verdrängen des zuvor abgelegten Polymerstranges mit der Druckerdüse in einer versetzten, „trockenen“ Fahrt in den Bereich des Hinterschnittes der Ausnehmung

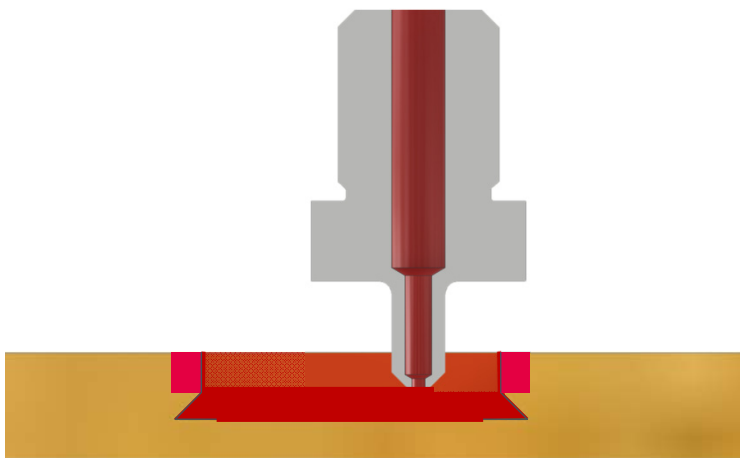
Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

17

wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



Steuerung über konventionelle Prozessparameter

5. Prozessschritt:

Verfüllen der Ausnehmung bei weitgehend konventionellen Prozessparametern (190°C, Fördermenge von 0,06 mm pro 1 mm Düsenverfahrweg)

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

18

wood inject pining: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik



Steuerung über konventionelle Prozessparameter

6. Prozessschritt:
 Aufbau des generativ gefertigten Objektes als Verbindungs- und/oder Funktionsstruktur, Stütz- und/oder Dekorstruktur, oder, oder, oder, ...

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

19

wood inject pining: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



smarte wip-Verbindungstechnik

Vorteile gegenüber dem „Stand der Technik“:

- ein kontinuierlicher Prozess ohne jeden Werkzeugwechsel
- mit einfachsten Druckern realisierbar
- max. Verbindungsfestigkeit im und auf dünnen Substraten
- einseitig unsichtbare Verbindung
- max. Gestaltungsfreiheit der funktionserweiternden Druckobjekte

Das Ergebnis der Entwicklung ist ein kontinuierlicher Prozess ohne Werkzeugwechsel.



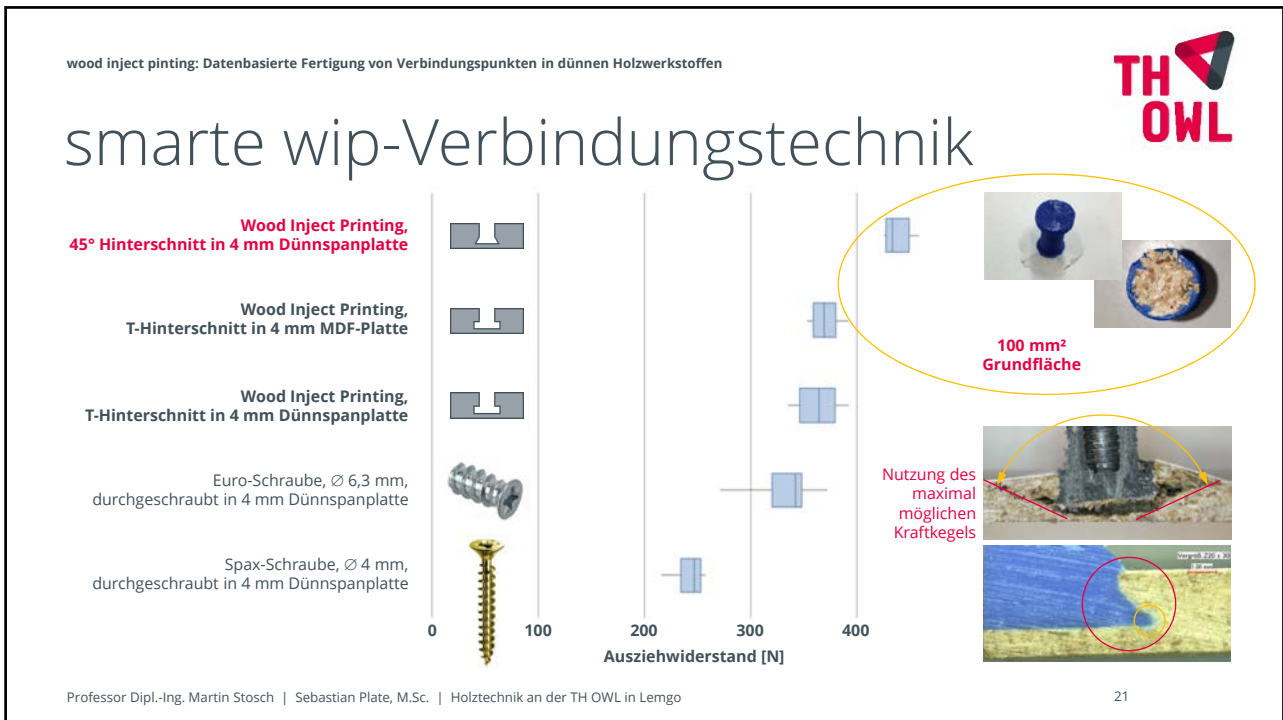
Ein derartiges Objekt ließe sich gar nicht anders befestigen.

siehe Auszugswerte

Griff ohne zusätzliches Befestigungsmittel befestigt.

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

20



wip – wood inject printing
 Die neue Technologieplattform
 für die moderne Leichtbaukonstruktion

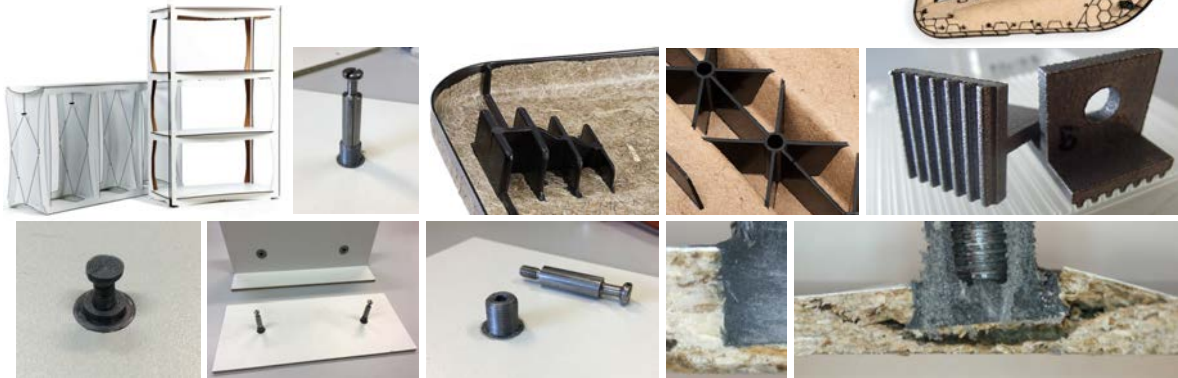
wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



wip-Technologieplattform

Drucken auf und in dünne Holzwerkstoffe (Span- und Faserwerkstoffe)

- im Strukturleichtbau von **Möbeln und Innenausbauten**
- im Interior von **Fahrzeugen und Flugzeugen**



Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

23

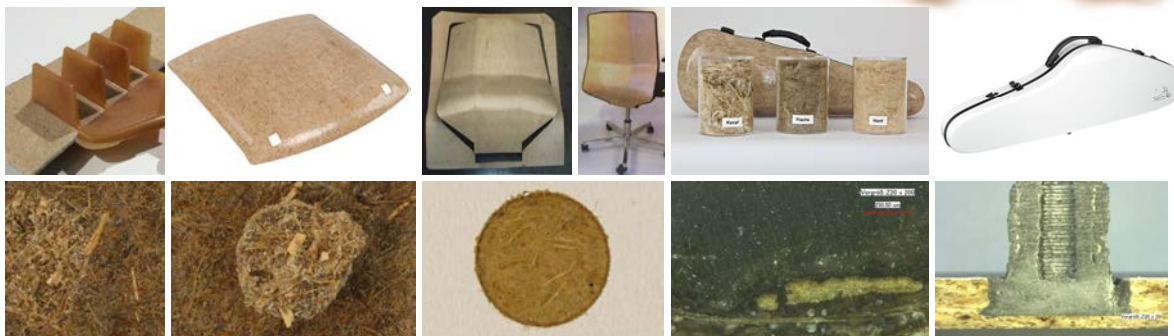
wood inject pinting: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



wip-Technologieplattform

Drucken auf und in dünne Holzwerkstoffe (Span- und Faserwerkstoffe)

- im **Stuhlmöbelbau**, insb. Sitzschalen aus Holzfasern
- in der **Herstellung von Koffern und Einsätzen** aus Holz/NAWAROs sowie der **Herstellung von Verkleidungselementen** auf Naturfaserbasis



Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

24

wood inject printing: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

wip-Technologieplattform

Erzeugen von monostofflichen Konstruktionen in Holz und Holzwerkstoffen

- generell **recyclinggerechtes Konstruieren** komplett aus Holz
- im **Stuhlmöbelbau**, insb. bei Sitzschalen aus Formholz + Ligninverbindern



vgl. Eames Shock Mounts

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

25

wood inject printing: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

wip-Technologieplattform

Drucken auf und in Ausnehmungen dünner Bauteile aus Faservlies

- im **Stuhlmöbelbau**, insbesondere Sitzschalen aus Faservlies
- im **Fahrzeugbau**, insb. Hutablagen, Laderaumabdeckungen, Seitenverkleidungen
- im **Objekteinrichtungen**, insbesondere Akustikelemente im Büro



Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

26

wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

wip-Technologieplattform

Drucken auf und in Ausnehmungen dünner Bauteile aus Plexiglas (PMMA)

- im **gehobenen, modernen Innenausbau** (z.B. Ladenbau)
- in der **Displaygestaltung** (z.B. Gebäudeleitsysteme)

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

27

wood inject pating: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen

TH OWL

Fazit: wip-Verfahren in der Übersicht

kontinuierlicher Prozess mit einer Druckdüse

konventionelle vorbereitende Schritte spanabnehmender Bearbeitung

Prozessschritte 1 und 2 auch beim Bau auf der Substratoberfläche

Prozessschritt 1 Prozessschritt 2 Prozessschritt 3 Prozessschritt 4

... maximale Festigkeit bei maximaler Gestaltungsfreiheit

bekannte Schritte additiver Bauweise im FLM-Verfahren

Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

28

wood inject printing: Datenbasierte Fertigung von Verbindungspunkten in dünnen Holzwerkstoffen



wip-Technologie im Leichtbau



Professor Dipl.-Ing. Martin Stosch | Sebastian Plate, M.Sc. | Holztechnik an der TH OWL in Lemgo

29



TECHNISCHE HOCHSCHULE
OSTWESTFALEN-LIPPE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS

..., sprechen Sie uns gerne an!



Herzlichen Dank!

✉ martin.stosch@th-owl.de
✉ sebastian.plate@th-owl.de