



3D-printer

Felix 3.1

Algemene info over 3D-printen



Inhoud

Algemene info over 3D-printen.....	3
1. Inleiding.....	3
2. Wat is een 3D-Printer?.....	3
3. Het CAD-CAM proces.....	4
4. Rapid Prototyping.....	4
4.1. Evolutie van Rapid Prototyping.....	4
4.2. Gemiddelde materiaalkosten bij Fused Deposition Modeling (FDM).....	5
5. 3D-printen bij een print service.....	5
5.1. Zelfbouw 3D-printer.....	5
6. Werking van een 3D-printer.....	5
6.1. Ondersteuning model tijdens printen.....	6
6.2. Bepaling positie ondersteuningsbalken en definiëring zwaktepunt.....	6
6.3. Slicen.....	6
6.4. G-code.....	6
6.5. Printmaterialen.....	7
6.6. Algemene informatie printmaterialen en hun toepassingen.....	7
7. Voorwaarden voor een goede 3D-print.....	8
7.1. Hulpmiddelen en voorzorgsmaatregelen.....	8
7.2. Hechting verbeteren filament aan printbed.....	8
7.3. Temperatuur.....	9
7.4. Eigenschappen.....	10
8. Hoofdonderdelen van een 3D-printer.....	11
8.1. Print bed.....	11
8.2. Extruder.....	11
1.1.1. Soorten toevoer van filament naar de extruder.....	12
1.1.2. Onderdelen extruder.....	12
1.1.3. Functie van de stappenmotor.....	13

Algemene info over 3D-printen

1. Inleiding

De meeste spullen waarvan we in het dagelijks leven gebruik maken zijn ergens anders in de wereld in fabrieken geproduceerd. Iedereen heeft in huis wel dingen staan waarvan er minstens honderdduizenden kopieën zijn

Door nieuwe technologische ontwikkelingen worden de laatste decennia meerdere producten op maat en lokaal geproduceerd.

Producten kunnen zelf worden ontworpen of gedownload van het internet. en Daarna worden ze meestal lokaal uitgeprint of uitbesteed aan een bedrijf.

De opmars van 3D-printers is niet meer te stuiten. In 2017 alleen zijn er meer dan 500 000 eenheden verkocht. Omdat meer dan 30% van open-source printers zijn, worden ze meer en meer beschikbaar voor particuliergebruik.

2. Wat is een 3D-Printer?

Een 3D-printer is een toestel waarmee 3D-modellen kunnen worden vervaardigd. Het is de meest vooraanstaande technologie betreffende Rapid Prototyping.



Er zijn meerdere methodes over de manier van opbouwen van een voorwerp.

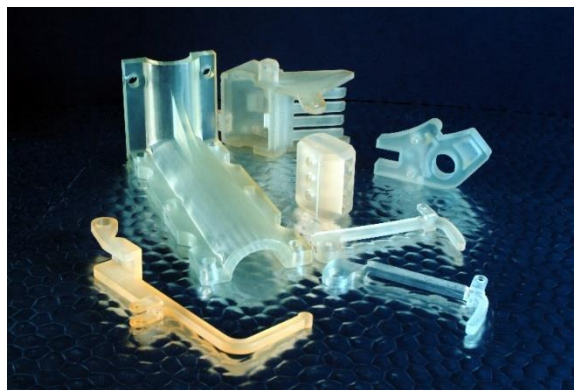
In deze handleiding wordt de methode verdiept waarbij voorwerpen laag voor laag worden opgebouwd.

3. Het CAD-CAM proces

- CAD** Het ontwerpen van een virtueel model in een 3D-softwarepakket
- CAM** In dit proces wordt een 3D-tekening van een voorwerp omgezet in een programmataal die de 3D-printer aanstuurt om het product te vervaardigen.

4. Rapid Prototyping

Rapid Prototyping omvat alle technologieën waarmee prototypes snel vervaardigd kunnen worden.



4.1. Evolutie van Rapid Prototyping

Technieken van Rapid Prototyping worden al jarenlang onderzocht.

1984 - **Stereolithografie** (SLA - StereoLithografie-Apparaat)

Via deze methode wordt vloeibare hars door middel van een laserstraal een verhard

1988 - **Fused Deposition Modeling** (FDM)

Dunne laagjes gesmolten plastic worden met precisie op elkaar gedrukt.

Dit is dezelfde techniek die moderne 3D-printers gebruiken.

1992 - **Selective Laser Sintering** (SLS)

Dit is een techniek volgens hetzelfde concept als SLA printing.

In de plaats van ultraviolet gevoelige hars wordt echter metaal in poedervorm gebruikt.

1993 - **3D Printing** (3DP)

Deze methode valt in feite ook onder de categorie van FDM.

De bestaande technologie van inkjet printers werd uitgebreid naar de 3^{de} dimensie.

Na het succesvol implementeren van deze visie werden de patentrechten overgedragen aan veelbelovende "3D Printing" bedrijven zoals Stratasys, Z Corporations, 3D Systems...

Dit zorgde voor een snelle groei van deze technologie en de eerste particuliere 3D-printers zagen het licht in 1996.

De term 3D-printing is in tegenstelling tot Rapid Prototyping goed ingeburgerd.

In 2006 wordt er onder andere door het verloop van oude patenten betreffende 3D-Printen een open-source project genaamd **RepRap** opgestart.

Het doel van de organisatie is om 3 zowel software als 3D-printers voor iedereen beschikbaar te stellen zodat men alle mogelijke onderdelen zelf kan printen.

De software is er dankzij de steun van vele gemeenschapsleden van RepRap die aan softwareontwikkeling doen.

4.2. Gemiddelde materiaalkosten bij Fused Deposition Modeling (FDM)

Materiaal soort	PLA	ABS	PET
Prijs €/meter	0,066	0,061	0,186

5. 3D-printen bij een print service

Wie geen 3D-printer wil kopen heeft de mogelijkheid om bij een print service voorwerpen te laten printen. Dit kan op 2 plaatsen:

Makerspace: Via een ter beschikking gestelde printer print je je eigen bestanden uit.

Online service: via een upload van je bestanden worden deze op een externe locatie uitgeprint. Het product wordt daarna via pakjesdiensten terug bezorgd..

5.1. Zelfbouw 3D-printer

Wie een beperkt budget heeft kan zelfbouw te overwegen.

Een bouw pakket van een 3D-printer kost vaak aanzienlijk minder dan een geassembleerd exemplaar omdat wordt bespaard op de assemblagekosten.

Bijkomend voordeel is dat het zelf in elkaar zetten van de printer je veel inzicht geeft in de werkwijze van het apparaat.

Dit kan later goed van pas komen tijdens het 3D-printen, zeker als de machine moet gekalibreerd worden en de instellingen geoptimaliseerd om een mooie print te krijgen of voor het oplossen van problemen.

6. Werking van een 3D-printer

Zoals eerder aangehaald moet na het ontwerpen van de tekening in het CAD-proces, deze enkele aanpassingen ondergaan in het CAM-proces vóór gebruik. We beschrijven deze voor een FDM-Printer.

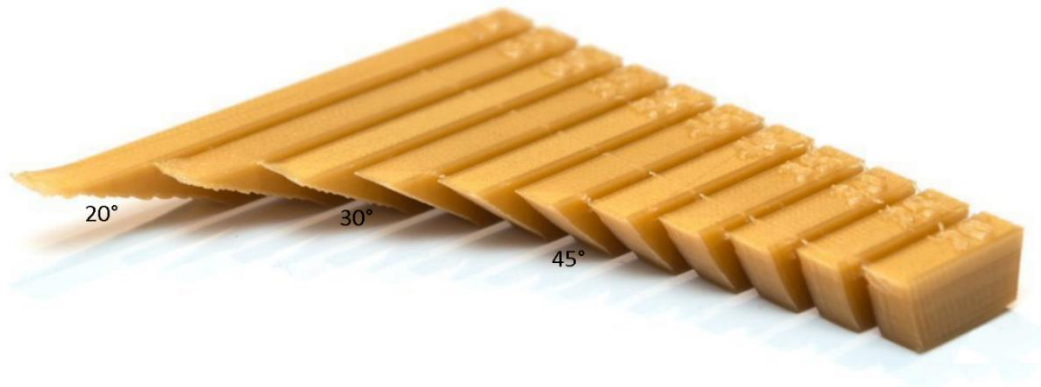
Afhankelijk van de gebruikte printer (en dus ook software) zijn er verschillende bestandstypes die ondersteund worden. Het getekende voorwerp moet vanuit het tekenprogramma geëxporteerd worden naar een van deze bestandstypes. De meest gebruikte zijn .stl en .3mf bestanden.

6.1. Ondersteuning model tijdens printen

Om de gesmolten lagen te ondersteunen worden er automatisch bij **zwaktepunten** ondersteuningsbalken geplaatst.

6.2. Bepaling positie ondersteuningsbalken en definiëring zwaktepunt

Over het algemeen wordt geaccepteerd dat een voorwerp tot een hoek van 45° geprint kan worden zonder kwaliteitsverlies.



Wanneer zich een hoek kleiner dan 45° voordoet in een 3D-print, zal de printersoftware dit herkennen als zwaktepunt en steunbalken plaatsen die naderhand gemakkelijk afgebroken kunnen worden.



Bij een printer met 2 printkoppen kan als alternatief voor de ondersteuning van het werkstuk gekozen worden voor wateroplosbaar filament. Na het printen wordt het model in water gelegd.

6.3. Slicen

Omdat FDM-Printers laag per laag het werkstuk opbouwen, moet het voorwerp ingedeeld worden in die lagen. Het voorwerp wordt softwarematig “gesneden” in lagen die de dikte van het gesmolten filament hebben. Na het snijden in lagen bepaalt de software de sturing die moet gebeuren om een goed resultaat te verkrijgen. Deze sturing gebeurt door middel van G-codes.

6.4. G-code

G-code is een veel gebruikte toepassing van Numerische Controle (NC), zijnde de automatisatie van machine controle. In een 3D-printer zeggen deze codes tegen de printer hoever de stappenmotoren moeten draaien, welke temperatuur dat de printkop en het printbed moeten hebben, hoeveel printmateriaal binngetrokken moet worden enzovoort.

6.5. Printmaterialen

Elke stof heeft zijn materiaaleigenschappen zoals sterkte, hardheid, plooibaarheid, oplosbaarheid enzovoort. Maar ook een nodige printkoptemperatuur om de stof te smelten en printbed temperatuur om krimpings te vermijden.

6.6. Algemene informatie printmaterialen en hun toepassingen

Materiaal	Prijs per Kilogram (€)	Toepassingen	Volledige naam
PLA	10 – 40		Polymelkzuur
PETG	20 – 60		Polyethyleen tereftalaat glycol
ABS	10 – 40		Acrylonitril-butadien-stryeen
PC	40 – 75		Polycarbonaat
TPE	30 – 70		ThermoPlastisch Elastomeer
PVA	40 – 110		Polyvinyl Alcohol
Nylon	25 – 65		Polyamide
Carbon Fiber Filled	30 – 80		Polymelkzuur verwerkt met koolstofvezels
Metal Filled	50 – 120		Polymelkzuur verwerkt met metaal
Wood Filled	25 – 55		Polymelkzuur verwerkt met hout

7. Voorwaarden voor een goede 3D-print

7.1. Hulpmiddelen en voorzorgsmaatregelen

Schildertape, een lijmstift, Kapton tape: kunnen elk gebruikt worden op het oppervlak om de adhesie tussen het voorwerp en het printbed te vergroten, waardoor de kans dat het voorwerp loskomt, verkleint.

Glasplaat: kan gebruikt worden als oppervlak om de adhesie tussen het voorwerp en het printbed te vergroten, waardoor de kans dat het voorwerp loskomt, verkleint.

Koelventilator: zorgt ervoor dat het gesmolten filament dat uit de printkop komt sneller verhard waardoor het filament niet uitloopt of het werkstuk niet in elkaar stuikt omdat het materiaal nog te week is.

Verwarmd bed: zorgt ervoor dat het voorwerp niet kromtrekt door afkoeling.

Metalen printkop: wordt gebruikt bij materialen die gemakkelijk de printkop invreten. Bovendien zet een metalen printkop zeer weinig uit.

7.2. Hechting verbeteren filament aan printbed

Met behulp van bepaalde materialen kan de eerste laag van de 3D-print op het printbed verstevigd worden

Filament	Hechtingsmateriaal	Hardware vereisten
PLA	Schilderstape, Lijmstift of Glasplaat	Koelventilator
PETG	Lijmstift, Schilderstape	Verwarmd bed, Koelventilator
ABS	Kapton tape	Verwarmd bed
Polycarbonaat	Lijmstift	Verwarmd bed, Metalen printkop
PE	Schilderstape	Koelventilator
PVA	Schilderstape	Verwarmd bed, Koelventilator
Nylon	Lijmstift	Verwarmd bed, Metalen printkop
Carbon Fiber Filled	Schilderstape, Lijmstift, Glasplaat	Koelventilator
Metal Filled	Schilderstape, Lijmstift	Koelventilator
Wood Filled	Polyetherimide , Kunststofplaat, Schilderstape	Koelventilator

7.3. Temperatuur

Bij het gebruik van verschillende materialen moet rekening gehouden worden met het verschil in print temperatuur ervan omdat de printkop nodige smelttemperatuur moet kunnen bereiken.

Indien geen rekening gehouden wordt met deze voorwaarden riskeert men een mislukte print.

Het printbed moet ook de nodige temperatuur behalen om krimpings te verminderen.

Filament	Print temperatuur °C	Bed temperatuur °C	Maximale service-temperatuur °C	Uitzettingscoëfficiënt $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{°C}$
PLA	190 – 220	45 – 60	52	68
PETG	230 – 250	75 – 90	73	60
ABS	220 – 260	95 – 110	98	0
PC	260 – 310	80 – 120	121	69
TPE	225 – 245	45 – 60	60 - 74	157
PVA	190 – 220	45 – 60	75	85
Nylon	220 – 270	70 – 90	80 – 95	95
Carbon Fiber Filled	200 – 230	45 – 60	52	57,5
Metal Filled	190 -220	45 – 60	52	33,75
Wood Filled	190 – 220	45 – 60	52	30,5

7.4.Eigenschappen

De keuze van een printmateriaal hangt onder andere af van de materiaalvereisten van het eindproduct. Moet het voorwerp plooibaar, zeer licht of een grote kracht moet kunnen opvangen enz.

In de onderstaande tabel staan een aantal belangrijke eigenschappen van verschillende materialen gevisualiseerd.

	Kracht MPa	Stijfheid 1 = Buigzaam 10 = zeer stijf	Levensduur 1 = slecht 10 = zeer goed	Printbaarheid 1 = slecht 10 = zeer goed	Gewicht gram/cm ³
PLA	 65 MPa	 7.5 /10	 4/10	 9/10	1.24
PETG	 53 MPa	 5 /10	 8/10	 9/10	1.23
ABS	 40 MPa	 5/10	 8/10	 8/10	1.04
PC	 72 MPa	 6 /10	 10/10	 6/10	1.04
TPE	 26-43 MPa	 1 /10	 9/10	 6/10	1.19 - 1.23
PVA	 78 MPa	 3/10	 7/10	 5/10	1.23
Nylon	 40 - 85 MPa	 5/10	 10/10	 8/10	1.06 - 1.14
Carbon Fiber Filled	 45 - 48 MPa	 10/10	 3/10	 8/10	1.3
Metal Filled	 20 - 30 MPa	 10/10	 4/10	 7/10	2 - 4
Wood Filled	 46 MPa	 8/10	 3/10	 8/10	1.15 - 1.25

8. Hoofdonderdelen van een 3D-printer

8.1. Print bed

Het oppervlak waarop geprint wordt is vaak van glas.

Meestal is het verwarmd zodat het voorwerp door krimpen niet van vorm verandert doordat het 3D-model te snel afkoelt.

Bij niet verwarmde printbedden moeten specifieke materialen gebruikt worden zoals PLA (polymelkzuur), wat niet erg uitzet bij opwarming of krimpt bij afkoeling.

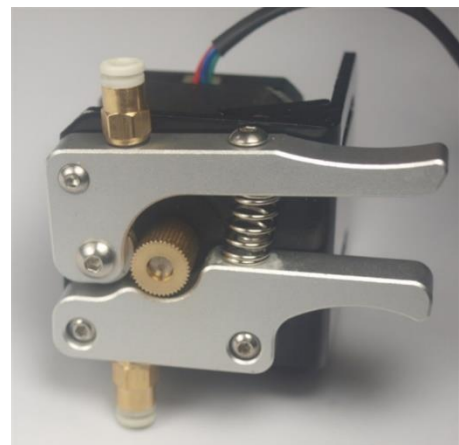


8.2. Extruder

Het filament wordt door de extruder verwarmd tot zijn smeltemperatuur en stroomt dan uit de spuitmond of nozzle.

Alle onderdelen in het 'warme' gedeelte zijn vervaardigd uit metaal zodat hogere temperaturen bereikt kunnen worden zonder verlaging van de printkwaliteit.

Het koellichaam zorgt ervoor dat de warmte niet tot bij het gedeelte van het filament buiten de extruder kan geraken.



1.1.1. Soorten toevoer van filament naar de extruder

Directe aandrijving: de spoel met filament wordt door de extruder meegedragen

Bowden aandrijving: de spoel met filament wordt ergens op het frame van de printer bevestigd (minder gewicht meeslepen)

1.1.2. Onderdelen extruder



Gewalsfreesd tandwiel

Het reliëf van dit onderdeel grijpt in het filament en drukt het door de extruder. Een ander vrijlopend' tandwiel drukt het filament tegen het gewalsfreesd tandwiel.



Vrijlopend wiel

Een door een veer opgespannen tandwiel..



Koelventilator

Dit onderdeel zorgt voor de koeling van de bovenste lagen van het onderdeel, zodat deze een betere ondersteuning hebben.



Spuitmond of nozzle

Dit is een metalen onderdeel voorzien van een kleine mondopening waar het gesmolten filament door vloeit. De meest gebruikte grootte is 0.4 mm maar afhankelijk van de toepassing kan een kleinere of grotere nozzle gebruikt worden. (Felix printer 0.35mm)



Warmtesensor (thermistor)

Meet de temperatuur die door het verwarmingselement bereikt wordt.



Keramisch verwarmingselement

Onderdeel dat de nozzle verwarmt.



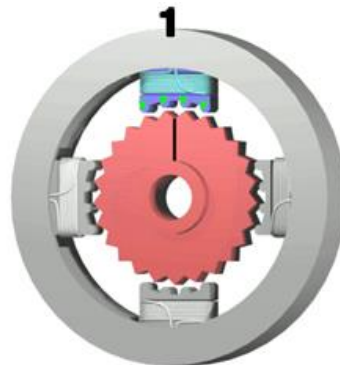
Stappenmotor en bewegingscontrole

Bij een 3D-printer is het belangrijk om een exacte X, Y en Z- positie van de spuitmond t.o.v. het machine referentiepunt te verkrijgen. Stappenmotoren ideaal voor deze nauwkeurige positioneringtoepassing.

1.1.3. Functie van de stappenmotor

Stap 1 In de begintoestand is de elektromagneet **1** ingeschakeld.

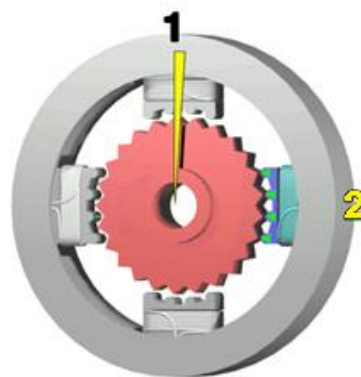
De rotor staat in positie. Dit komt omdat de elektromagneet ook is voorzien van dezelfde hoeken als de rotor en deze in **1** lijn t.o.v. elkaar staan.



Stap 2 Elektromagneet **1** wordt uitgeschakeld en elektromagneet **2** ingeschakeld.

Omdat de hoeken van de rotor niet uitgelijnd staan t.o.v. de hoeken van elektromagneet **2** zal de rotor blijven draaien totdat deze t.o.v. elkaar uitgelijnd zijn.

Wanneer dit gebeurd is zal de stappenmotor in positie blijven en een volledige hoekverplaatsing hebben afgelegd.



Stappen **1** en **2** worden steeds herhaald bij iedere volgende stap:

