

Utvärdering av 3D-printat formverktyg

Benjamin Nyman

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2021



EXAMENSARBETE

Författare: Benjamin Nyman

Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik Vasa

Inriktningalternativ: Konstruktion

Handledare: Kenneth Ehrström (Novia) Thomas Finnäs (Herrmans)

Titel: Utvärdering av 3D-printad formverktyg

Datum 18.04.2021

Sidantal 33

Abstrakt

Det här examensarbetet har gjorts åt Herrmans bike Components Ltd i Pedersöre. Företaget tillverkar cykeldelar som bland annat handtag och lampor. Examensarbetets syfte var att testa om ett 3D-printingsmaterial som används för prototyper vid Herrmans skulle gå att användas till prototypformsprutningsverktyg för cykelhandtag. För att testa detta designades ett prototypmountainbike handtag, som det sedan gjordes ett prototypformverktyg för, som skulle passa in i en tidigare designad verktygsficka för att få fäst den i en formsprutningsmaskin.

Det fanns flera orsaker till att man ville testa om det skulle gå att få in 3D-printade formhalvor i formsprutningsmaskinerna i början av en produktion. Detta dels för att få ner kostnaderna och dels för att i ett tidigt skede skulle kunna se vad som måste ändras i verktyget eller i handtagsmodellen.

Information kring formsprutning och 3D-printning till arbetet har sökts via Internet och litteratur på området. Diskussion om idéer kring konstruktionen av verktyget har förts med företaget.

Arbetet resulterade i en 3D-modell av ett prototyp-handtag och 3D-modeller av två formverktyg printade i två olika material. En utvärdering gjordes på basis av hur provkörningarna gick och om dessa 3D-printningsmaterial går att använda eller inte. I detta fall höll inte materialet i fråga efter att den hade blivit printat vid Herrmans, medan de beställda inläggen höll och fungerade bra.

Språk: svenska

Nyckelord: formsprutning, 3D-printning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Benjamin Nyman

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu

Ohjaajat: Kenneth Ehrström (Novia), Thomas Finnäs (Herrmans)

Nimike: 3D-tulostetun muottityökalun arviointi

Päivämäärä 18.04.2021

Sivumäärä 33

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Herrmans bike Components Ltd:lle Pedersöressä. Yritys valmistaa pyörän osia, kuten kahvoja ja valoja. Opinnäytetyön tarkoituksena oli testata, jos Herrmansilla prototyyppeihin käytettyä 3D-tulostusmateriaalia voisi käyttää myös kahvaprotyyppien ruiskuvalumuoteissa. Tämän testaamiseksi suunniteltiin maastopyörän prototyypikahva, josta tehtiin prototyypimuotteja, jotka sopivat jo suunniteltuun työkalutaskuun.

Herrmans halusi testata, jos olisi mahdollista käyttää 3D-tulostettuja muotteja ruiskuvalussa, muun muassa kulujen vähentämiseksi sekä pystyäkseen varhaisessa vaiheessa huomaamaan mitä työkalussa tai kahvamallissa pitäisi muuttaa.

Tietoa ruiskuvalusta ja 3D-tulostuksesta on haettu Internetistä ja kirjoista. Työkalun suunnittelusta on keskusteltu yrityksen kanssa.

Työn tulos on 3D-malli prototyypikahvasta ja kaksi 3D-mallia kahdesta muotista, jotka on tulostettu kahdesta eri materiaalista. Koeajon perusteella tehtiin arviointi, jos näitä 3D-tulostusmateriaaleja voidaan käyttää vai ei. Tässä tapauksessa 3D-printattu muotti Herrmansilla ei kestänyt, mutta tilattu muotti kesti ja toimi hyvin.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: ruiskuvalu, 3D-tulostus

BACHELOR'S THESIS

Author: Benjamin Nyman

Degree Programme: Machine & Production Technology

Specialization: Mechanical Construction Engineering

Supervisor(s): Kenneth Ehrström (Novia) Thomas Finnäs (Herrmans)

Title: Evaluation of 3D-printed mold inserts

Date 18.04.2021

Number of pages 33

Abstract

This thesis work has been done for Herrmans bike Components Ltd in Pedersöre. The company manufactures bicycle parts such as grips and lights. The purpose of the thesis work was to test whether a 3D-printing material used for prototypes at Herrmans could be used for prototype injection molding tools for bike grips. To test this, a prototype mountain bike grip was designed. A prototype mold was then designed so that it would fit into a previously designed tool pocket so that it could be fastened in an injection molding machine.

There were several reasons why they wanted to test whether it would be possible to get 3D-printed molds in the injection molding machines at the beginning of a production. They wanted to see if they can reduce costs and at an early stage be able to see what would need to be changed in the tool or in the grip model.

Information about injection molding and 3D-printing for the thesis work has been searched via the internet and books. Ideas about the design of the tool have been discussed within the company.

The work resulted in a 3D-model of a prototype grip and 3D-models of two molds printed in two different materials. An evaluation was made based on how the test runs went and if these 3D-printing materials can be used or not. In this case, the material did not hold up after it had been printed at Herrmans, while the ordered inserts held and worked well.

Language: swedish

Key words: injection molding, 3D-printing

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsning.....	1
1.4	Företagsbeskrivning	2
2	Teori	3
2.1	Formsprutning	3
2.1.1	Formsprutningsmaskinens uppbyggnad	3
2.1.2	Formsprutningscykeln	7
2.1.3	Formverktygets uppbyggnad.....	9
2.1.3.1	kallkanal.....	9
2.1.3.2	varmkanal	10
2.1.3.3	Kallpluggsfickor	10
2.1.3.4	Tempereringssystem	11
2.1.3.5	Avluftnings system	11
2.1.3.6	Utstötarsystem.....	12
2.1.3.7	Släppningsvinklar	12
2.2	3D-printning.....	13
2.2.1	FDM, Fused deposition modeling.....	13
2.2.2	SLS, Selektiv Laser Sintring.....	14
2.2.3	SLA/DLP, StereoLithography/digital Light Processing.....	15
2.2.4	DMLS / SLM	16
2.2.5	Material Jetting (PolyJet)	17
2.3	3D-printningsprocess	18
2.3.1	Design.....	18
2.3.2	Printning	19
2.3.3	Efterbehandling.....	19
3	Metod	20
3.1	Arbetsprocessen	20
3.2	CAD-modellering	20
3.3	3D-printning.....	21
3.4	Efterbehandling	21
3.5	Provkörning med prototypverktyg	22
4	Resultat	22
4.1	Handtag.....	22
4.1.1	Design.....	22

4.1.2	3D-printning.....	23
4.2	Formverktygsinlägg	23
4.2.1	Design.....	23
4.2.2	3D-printad i (Hi-temp 300 AMB)	24
4.2.3	3D-printad i (Alumide PA12-MB)	26
4.3	Formsprutning	26
4.3.1	Formsprutning med inlägg av Hi-temp 300 AMB.....	26
4.3.2	Formsprutning med inlägg av Alumide PA12-MB.....	28
4.3.3	Slutliga detaljen.....	29
4.4	Sammanfattning av resultat.....	30
4.5	Förslag till vidareutveckling	31
5	Diskussion.....	31
5.1	Slutord	32
6	Referenser.....	33

1 Inledning

Detta examensarbete gjordes åt Herrmans bike Components ltd. Innan examensarbetet hade jag arbetat på sommaren på R&D-avdelningen med att uppdatera ritningar och göra 3D-modeller till olika produkter. För mig var det en stor fördel eftersom jag redan var bekant med företaget och deras 3D-program. Programmet de använder heter PTC Creo. Under sommaren fick jag också lära mig om deras 3D-printer som de införskaffat vilket var till stor hjälp att ha det som kunskap redan före examensarbetes början.

1.1 Bakgrund

Herrmans är ett företag som tillverkar plast och gummidetaljer för cyklar med hjälp av formsprutning och extrudering. Vid Herrmans planeras produkterna först som det sedan beställs formsprutningsverktyget för.

För tillfället när en produkt är färdig planerat beställs ett verktyg för produkten som man sedan provkör, analyserar och ändrar ifall det behövs. Problemet med detta är att det tar en lång tid för att få verktyget. Därför ville de testa ett nytt hårt plastliknande material i formverktyget som är 3D-printad vid Herrmans för att göra processen både snabbare och billigare än att använda ett formverktyg för testning som är fräst.

1.2 Syfte

Arbetets syfte var att designa och testprinta ett formverktyg till ett prototypband som också blev designat. Efter att verktygsinlägget är färdig printad skall det analyseras för att fastställa om det är möjligt att använda just detta material och printings sätt i fortsättningen för att tillverka prototyp formsprutningsverktyginlägg. Ifall det fungerar skulle man dra ner på både tid och kostnader för processen.

1.3 Avgränsning

I arbetet fokuserades på 3D-printningen av en två delad formverktygsinlägg för ett en komponents Mountainbike handtag och att utvärdera om det är möjligt att 3D-printa prototypformverktyg med Herrmans 3D-printer. Formverktyget som blev designat jämfördes med ett annat 3D-printat verktyg beställt från en annan tillverkare i Alumide vilket är ett plastblandat aluminiumpulver.

Formverktygsinlägget skall passa in i en tidigare planerad prototypverktygs ficka, som är designad för ett prototyp inlägg så att man skall få fast det i maskinen.

1.4 Företagsbeskrivning

Herrmans Bike Components som kan ses i figur 1 är ett företag grundat i Pedersöre som designar och tillverkar handtag, lampor, kedjeskydd, reflektorer och fälgband till cyklar. Flera av deras produkter används också för industriella applikationer. Företaget är en av de ledande europeiska pionjerna när det gäller att utveckla lösningar för cykelindustrin. Mer än 90 procent av Herrmans produktion säljs utanför Finland.

Företaget förbättrar kontinuerligt deras prestanda samtidigt som de minskar påverkan av deras verksamhet och produkter på miljön. Företaget använder Six Sigma-metoder och är certifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001-standarderna.

Herrmans vision är att vara den ledande europeiska tillverkaren av hållbara och innovativa cykelkomponenter. Herrmans mission är att förbättra komforten, säkerheten och njutningen av cykling. (herrmans.eu, 2020)



Figur 1 Herrmans bike Components (herrmans.eu,2020)

2 Teori

I detta kapitel kommer att behandlas om formsprutningsmaskinens uppbyggnad och hur formsprutningsprocessen går till. Här kommer det också att tas upp de vanligaste 3D-printnings teknikerna och vad dessa är bra för.

2.1 Formsprutning

Formsprutning är en av de mest använda tillverkningsprocesser för tillverkning av delar i plast. En stor del av plastprodukter tillverkas med hjälp av formsprutning, produkterna kan variera kraftigt i storlek och komplexitet. Formsprutningsprocessen kräver användning av rå plastmaterial, formsprutningsmaskin och en form. Plasten smälts i formsprutningsmaskinen och sprutas sedan i formen, där den svalnar och stelnar till den slutliga produkten. (Injection Molding, 2020)

2.1.1 Formsprutningsmaskinens uppbyggnad

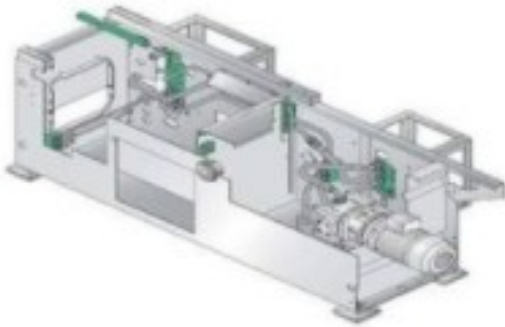
Formsprutnings maskiner varierar mycket i både form av utrustning och konstruktion. Den vanligaste typen av formsprutningsmaskiner är hydrauliskt drivna. Formsprutningsmaskinens huvuddelar består av maskinstativet som bär upp andra delar. Insprutningsenheten som sprutar in material i formen. Låsenheten som öppnar, stänger och låser formen. En hydraulisk pump med oljetank driven med en elektrisk motor. Samt en styrenhet som styr formsprutans rörelser. Mer om dessa delar på sida 4. (Kreol.se, 2020)



Figur 2 Formsprutningsmaskin. (Kreol.se, 2020)

1. Maskinstativ

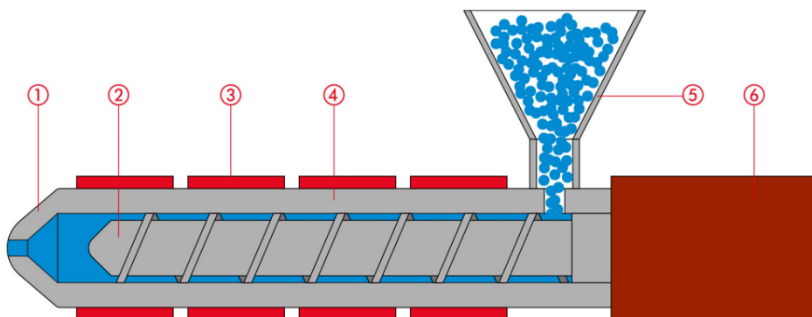
Maskinstativet är vanligtvis en svetsad stålkonstruktion som bär upp bland annat insprutnings- och låsenheten. Maskinstativet har också oftast oljetanken integrerad tillsammans med övriga hydrauliska delar så som bland annat oljepumpen med tillhörande delar så som ventiler och elmotorn för drivning. (Kreol.se, 2020)



Figur 3 Maskinstativ. (Kreol.se, 2020)

2. Insprutningsenhet

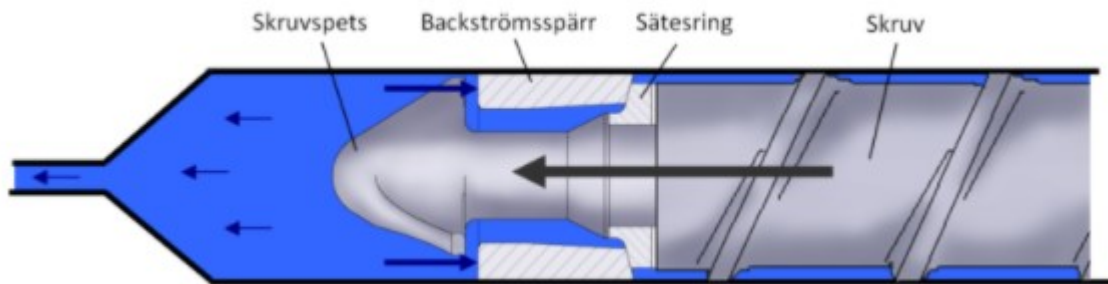
Insprutningsenhetens uppgift är att bearbeta plasten till en mjuk formbar smälta som sedan pressas in i formen genom munstycket. Insprutningsenheten består i huvudsak av sex delar, 1. ett munstycke som den smälta plasten sprutas genom till formen, 2. skruv som transporterar plasten från ena ändan till den andra, 3. värme band som smälter plasten samtidigt som skruven transporterar den framåt, 4. cylinder i vilket själva skruven finns, 5. materialtratt i vilken man fyller på plast korn, och 6. en hydraulisk eller elektrisk servomotor som gör att skruven roterar. (amb.se, 2020)



Figur 4 Insprutningsenhet. (amb.se, 2020)

3. Backströmsventilen

Backströmsspärr eller backventil, längst fram på skruven tillåter den smälta plasten att gå framåt men den smälta plasten tillåts inte att gå bakåt. Detta fungerar på så sätt att kanaler öppnas och stängs mellan backspärrsringen och ytan på skruven, och på så sätt kommer plasten att flöda i en riktning. (Kreol.se, 2020)



Figur 5 Bakströmsventil. (Kreol.se, 2020)

4. Låsenhet

På låsenheten späns formverktygen fast. Låsenhetens uppgift är att öppna och stänga formverktyget samt att kunna uppnå en tillräckligt hög kraft för att hålla emot trycket som uppstår vid insprutning och eftertrycksfasen. På låsenheten är också utstötare monterade.

Låsenheten består av två formbord, ett fast och ett rörligt. Det fasta formbordet sitter fastspänt på maskinstativet och har ett runt hål i sig så att insprutningsenhetens munstycke kan komma i kontakt med formverktyget. Hålets andra uppgift är att centrera formverktyget med hjälp av en centreringsring. Centreringsringen är viktig för att munstycket skall få en korrekt passning mot ingötet i formverktyget.

Formbordets rörliga del kan förskjutas längs med stativet på maskinen för att kunna öppna och stänga verktyget. Det rörliga formbordet har också ett runt hål genom vilket utstötarmekanismen kan kopplas ihop med verktygsformen. (Kreol.se, 2020)

Låsenheten är för det mesta en hydraulcylinder med en knäledsmekanism eller en direktlåsannde kolv som fungerar med en kraftigare hydraulcylinder. (Bruder, Värt att veta om plast, 2017)



Figur 6 Låsenhet. (Kreol.se, 2020)

5. Styrsystem

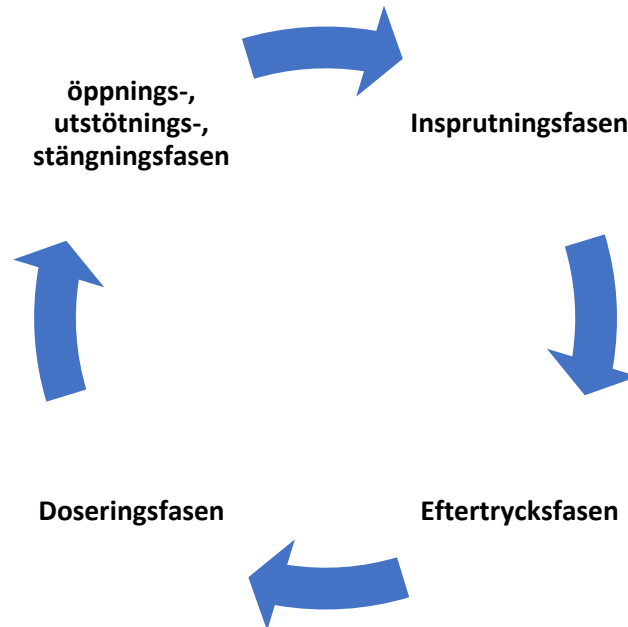
I dagsläget är styrsystemen nästan alltid som datorer vilket innebär att önskade processdata kan matas in via ett tangentbord på formsprutningsmaskinen. Styrsystemet skapar förutsättningar för bland annat avancerad styrning av processen samt statistik. Maskinen kan med hjälp av detta övervaka och styra ÄR-värden mot inställda BÖR-värden. (Kreol.se, 2020)



Figur 7 Styrenhet. (Kreol.se, 2020)

2.1.2 Formsprutningscykeln

Formsprutningscykeln indelas i tre längre faser som kallas för Insprutnings, eftertrycks och doseringsfasen vilka är när själva produkten tillverkas och tre kortare som sker snabbt efter varandra som kallas för öppnings-, utstötning och stängningsfasen.



Figur 8 Formsprutnings Cykel

1. Insprutningsfasen

Insprutningsfasen börjar med att verktyget stängs, om den formsprutade produkten har underskärningar eller håligheter körs kärnor in samtidigt. Efter att formverktyget har stängts låser man formhalvornas rörelse med hjälp av låsenheten.

När verktyget har stängts flyttas sprutenheten fram så att munstycket ligger mot verktygets ingötesbussning. För att läckage inte skall förekomma mellan munstycket och verktyget byggs det upp ett anliggningsstryck mellan dem med hjälp av en hydraulcylinder eller en elektrisk motor på insprutningsenheten.

Efter allt detta kommer insprutningen att ske, detta sker genom att skruven flyttar sig framåt utan att rotera som en kolv och pressar in smältan i formverktyget. (Kreol.se, 2020)

2. Eftertrycksfasen

Under eftertrycks fasen kommer skruven att röra sig sakta några millimeter framåt när materialet i formen packas ihop, under denna tid ligger skruven under högt tryck. Anledningen till att skruven packar in mera material är för att man behöver kompensera volymskillnaderna mellan smältan och det stelnade materialet för att undvika porer eller sjunkmärken i den nya detaljen. (Bruder, Värt att veta om plast, 2017)

3. Doseringsfasen

Under doseringsfasen kommer skruven att återgå till ursprungsläge och skruva fram nytt material som smälts dels med hjälp av värmeslingorna men största energin för smältning kommer genom friktion mellan skruven och cylindern. Under tiden kommer kylningstiden för den nya detaljen att börja för att få mera stabilitet i detaljen så den inte deformeras när den stöts ut ur formverktyget i nästa fas. (Kreol.se, 2020)

4. Öppnings-, utstötnings-, stängningsfasen

När kyltiden är färdig kommer verktyget att öppnas långsamt i början så att inte detaljen deformeras. Efter att formhalvorna har öppnats kommer detaljen att stötas bort med hjälp av avstrykare eller utstötare. Efteråt kommer en paus tid så att detaljen hinner falla ur verktyget. När denna process är avslutad kommer formerna stängas och en ny processcykel kan startas. (Kreol.se, 2020)

2.1.3 Formverktygets uppbyggnad

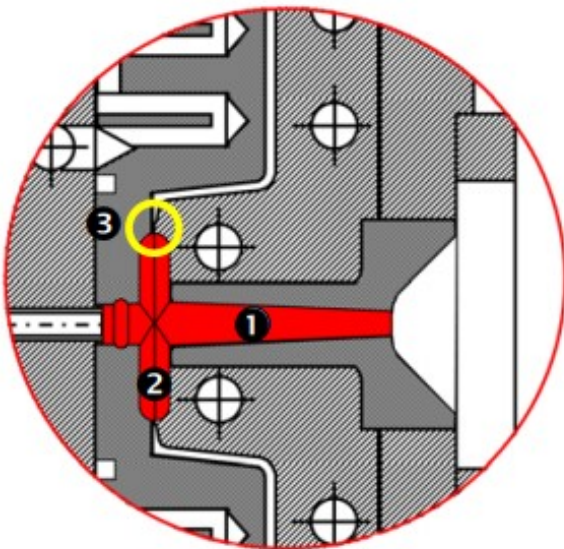
I detta kapitel behandlas hur ett två delat formsprutningsverktyg är uppbyggt. Ett två delat formsprutningsverktyg består av: ingötessystem vilka kan vara kalla eller varma kanaler, kallpluggsfickor, tempereringssystem, avluftningssystem, utstötarsystem och släppningsvinklar.

2.1.3.1 Kallkanal

Kallkanalen delas in i tre olika delar vilka är ingöttestapp (1), fördelningskanaler (2) och ingötet som är placerat vid nummer 3. Ingötestappen är anslutningen mellan cylinderns munstycke och verktygets fördelningskanaler. Ingötestappen är för det mesta koniskt formad för att den skall vara lätt att dra ut i slutet av formsprutningscykeln.

Fördelningskanalerna leder det smälta materialet till formrummen via ingötestappen. Om det finns flera formrum är det viktigt att dessa är balanserade med samma tryckfall så att de fyller lika fort alla formrum.

Materialet sprutas in genom ingötet. Det är viktigt att ingötet är rätt dimensionerat för att minimera risken så att vissa plaster inte stelnar för tidigt. Ingötet skall också vara väl rund format så att det inte uppstår för hög skjuvning under insprutning. Ingötet placeras oftast i detaljens tjockaste vägg för att kunna packa upp och krympkompensera detaljen ordentligt med hjälp av eftertrycket. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

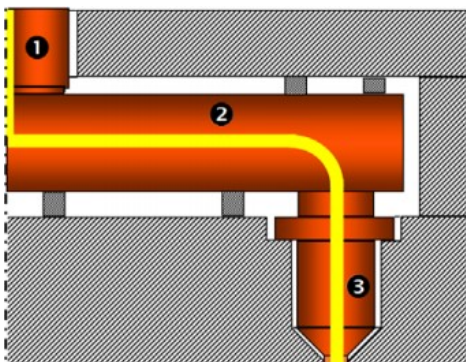


Figur 9 Ingötessystem kallkanal. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.2 Varmkanal

De flesta verktygstyperna kan utrustas med ett varmkansalsystem. Varmkansalsystemet delas in i 3 olika delar vilka är ingötesbussningen (1), varmkansalsbalken (2) och varmkansalsdysan (3). Under tillverkning av ett varmkansalsystem är det viktigt att man inte bygger in uppehållsfickor i kanalen där material kan fastna och som i sin tur kan förorsaka svarta prickar på plastdetaljen.

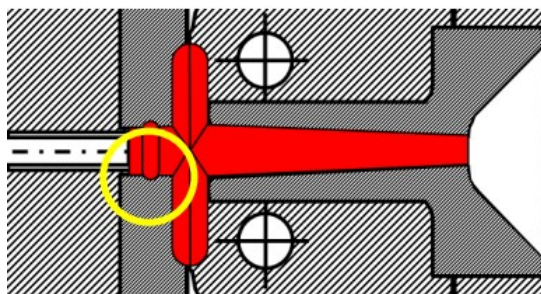
Fördelen med varm kanaler är snabbare cykeltider och mindre spillmaterial. Nackdelen med varm kanals system är att uppstartningstiden blir längre samt att varm kanaler är mera komplicerade att tillverka och därför dyrare. De längre uppstartningstiderna gör att varm kanalen inte är lämplig för alla material eftersom den långa tiden kan göra att materialet börjar brytas ner. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)



Figur 10 Ingötessystem varm kanal. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.3 Kallpluggsfickor

Kallpluggsfickorna finns till för två olika funktioner. Den första är att samla upp eventuella kallpluggar som kan ha bildats i cylinderns munstycke under formsprutningscykeln, speciellt om man har använt sig av delkristallina material under formsprutning. Den andra funktionen som kallpluggsfickan har är att dra med sig ingötstappen när verktyget öppnas och detaljen stöts ut med olika utstötarsystem. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

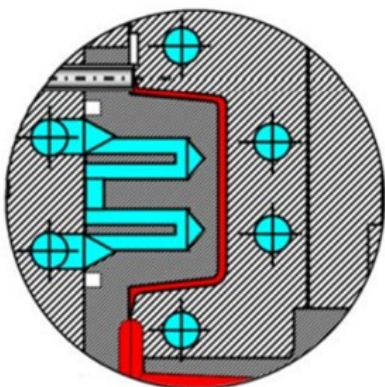


Figur 11 Kallpluggsficka. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.4 Tempereringssystem

För att detaljen som produceras skall få en fin yta samt bli hållbar och få en bra fyllnadsgrad krävs ett kylningssystem i formverktyget. Kylsystemet är borrade hål i formverktyget som ett kylmedel flödar igenom. Kylsystemet hjälper till att uppnå en korrekt formtemperatur vid uppstart eller avbrott i produktionen. Systemet hjälper också till att minimera variationen av formtemperaturen under arbetscykeln oavsett vad rumstemperaturen är.

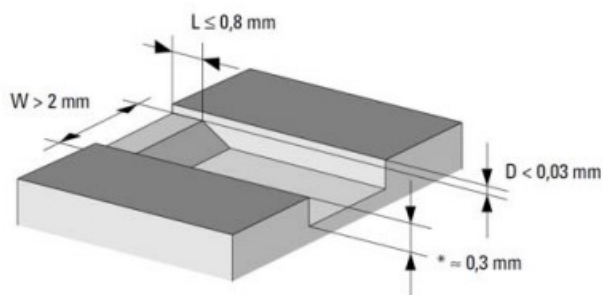
Det vanligaste kylmedlet är vatten eller olja. Med vatten i ett lågtryckssystem kan man komma upp i 95 grader och i ett högtryckssystem upp till 200 grader. Med olja kan man komma upp i 350 grader vilket krävs för att uppnå en bra kvalitet för vissa material. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)



Figur 12 Kylsystem. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.5 Avluftnings system

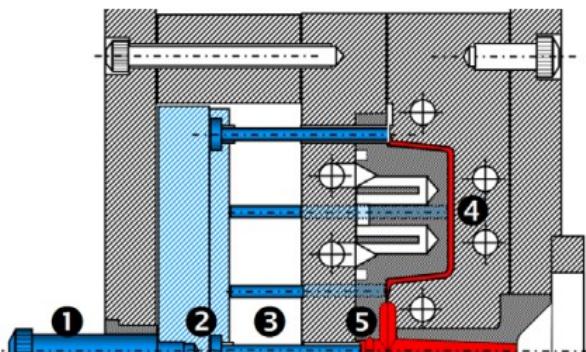
När man sprutar in den smälta plasten i formverktyget behöver luften som finns inne komma ut för att minimera problem vid insprutning som, t.ex. brännmärken som bildas på detaljen när luften stängs in. Tumreglerna för en avluftningskanal är bredden 2mm och djupet 0,3mm. Spaltens längd skall vara mindre än 0,8 mm och djupet skall anpassas enligt detaljen som tillverkas men max djupet är 0,03mm. Dessa kanaler kopplas ofta till en djupare kanal som för snabbt ut luften ur verktyget. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)



Figur 13 Avluftningssystemets tumregelmått. (Bruder, Formverktygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.6 Utstötarsystem

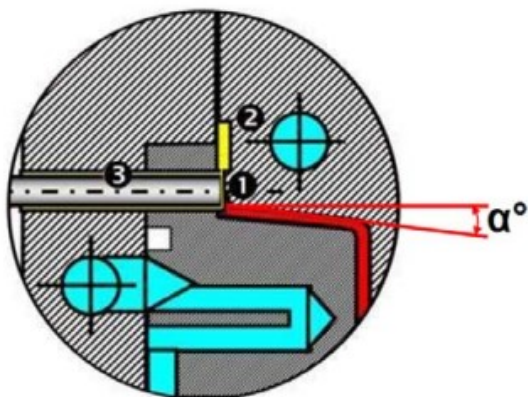
När produkten är klar kommer den att stötas ut med hjälp av ett utstötarsystem. Systemen kan vara gjorda som pinnar, rör- eller utstötarring eller en utstötarpatta. Dessa fungerar så att när den rörliga verktygshalvan öppnas trycks utstötarstången (1) mot maskinstativet och trycker fram utstötarpattorna (2) som sedan trycker fram utstötarpinnarna (3) pinnarna skuffar sedan ut produkten (4) och kallpluggsfickan (5). (Bruder, Formverkygets uppbyggnad, 2017)



Figur 14 Utsötar system. (Bruder, Formverkygets uppbyggnad, 2017)

2.1.3.7 Släppningsvinklar

Släppningsvinklarna i formverkyget finns till för att det skall vara lättare att stöta ut produkten ur formen. På släta ytor skall man ha en vinkel på minst 1 - 2 grader, Oftast designas en produkt oftast så att ytorna vinklas redan vid design skedet. På mönstrade ytorna skall man sätta till 0,6 grader för varje 0,01 mm etsningsdjup. (Bruder, Formverkygets uppbyggnad, 2017)



Figur 15 Släppningsvinkel på en produkt. (Bruder, Formverkygets uppbyggnad, 2017)

2.2 3D-printning

3D-printing eller additivtillverkning är en process för att skapa tredimensionella fasta objekt från en digital fil. Ett 3D-printat objekt uppnås med hjälp av additiva processer. I en additiv process skapas ett objekt genom att lager för lager bygga upp ett objekt. Var och ett av dessa lager kan ses som ett tunt, skivat tvärsnitt av objektet. 3D-printing är motsatsen till subtraktiv tillverkning, som skär ut en bit metall eller plast med till exempel en fräs. Med 3D-printning kan man producera komplexa former med mindre material än traditionella tillverkningsmetoder. (3dprinting.com, 2020)

Det finns ett flertal olika tekniker för 3D-printning, beroende på material och önskvärda egenskaper hos den färdiga modellen så som ytjämnhet, hållbarhet och tillverkningshastighet och kostnad. De

vanligaste teknikerna som används i 3D-printrar är FDM, SLS, SLA/DLP, PolyJet och DMLS. Mer dessa i tekniker i följande stycke.

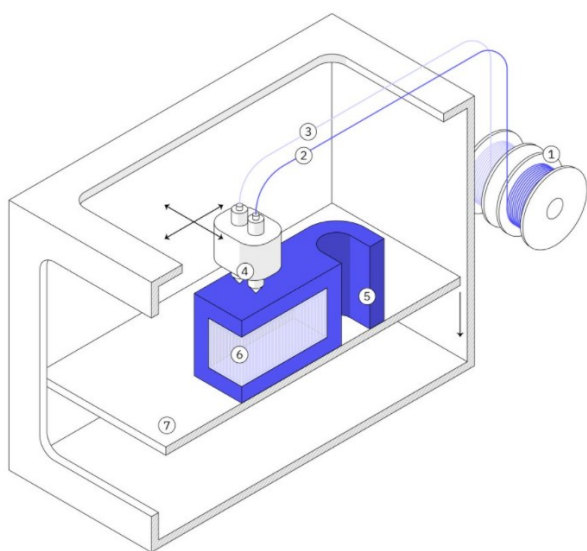
2.2.1 FDM, Fused deposition modeling

I FDM sätts en trådrulle i 3D-printern och matas sedan till extruderingshuvudet, som är utrustat med ett uppvärmt munstycke. När munstycket når önskad temperatur, driver en motor filamenttråden genom munstycket som smälter tråden. Printern flyttar extruderingshuvudet och lägger ner smält material på exakta platser på en byggplattform där det svalnar och stelnar. När ett lager är klart flyttas byggplattformen ner eller extruderings munstycket upp och processen upprepas tills delen är klar.

Efter utskrift är delen vanligtvis färdig att användas men det kan krävas en del efterbehandling, som till exempel att ta bort stödstrukturerna eller ojämnheter.

FDM är det mest kostnadseffektiva sättet att producera anpassade termoplastiska delar och prototyper. Det har också de kortaste ledtiderna, tack vare den höga tillgängligheten av tekniken. Ett brett utbud av termoplastiska material finns tillgängliga för FDM, lämpligt för både prototyper och vissa funktionella tillämpningar.

När det gäller begränsningar har FDM den lägsta dimensionella noggrannheten och upplösningen jämfört med andra tekniker för plast 3D-printning. FDM-delar har sannolikt synliga lagerlinjer, så efterbehandling krävs ofta för att uppnå en fin ytjämnhet. FDM printade delar kommer att vara svagare i en riktning och i allmänhet är de inte lämpliga för kritiska applikationer på grund av att de printas i skikt. (3d hubs, 2020)



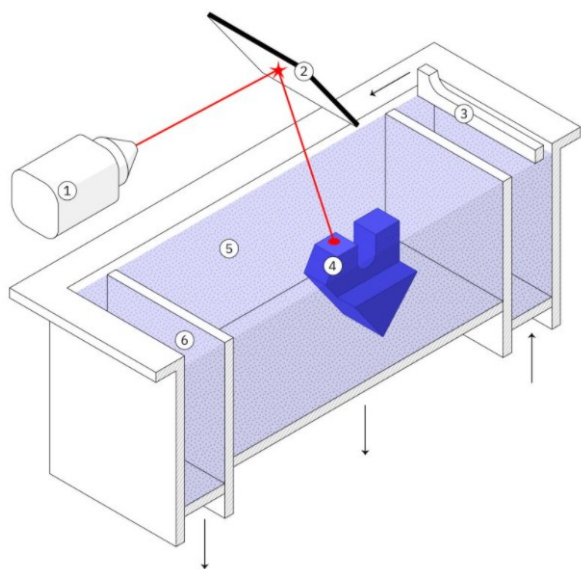
Figur 16 FDM 3D-printningsmetod. (www.3dhubs.com, 2020)

2.2.2 SLS, Selektiv Laser Sintring

SLS-processen börjar med att värma upp en behållare av polymerpulver till en temperatur strax under materialets smältpunkt. Ett blad breder sedan ut ett mycket tunt lager pulver, vanligtvis runt 0,1 mm tjockt på byggplattformen. En CO₂-laser skannar ytan på pulverbädden, laserstrålen får pulvret att smälta ihop. När hela tvärsnittet är skannat rör sig byggplattformen ner ett lager och processen upprepas. Resultatet är ett kärl fyllt med delar som omges av osintrat pulver. Efter printandet måste behållaren svalna innan delarna tas bort från det osintrade pulvret och rengörs. Vissa efterbehandlingssteg kan sedan användas för att förbättra deras visuella utseende, såsom polering.

Delar tillverkade med SLS-metoden har mycket goda mekaniska egenskaper, så de är idealiska för funktionella delar och prototyper. Eftersom inga stödstrukturer krävs på grund av att det osintrade pulvret fungerar som stöd kan mönster med mycket komplexa geometrier enkelt tillverkas. SLS är också utmärkt för små till medelstora produktioner, eftersom lådan kan fyllas i hela dess volym och flera delar kan produceras ut på en enda produktionskörning.

Delar tillverkade med SLS-metoden har en naturligt kornig yta och viss inre porositet. Om en jämn yta eller vattentätthet krävs, behövs det ytterligare efterbehandlingssteg. Stora plana ytor och små hål behöver särskild uppmärksamhet, eftersom de är känsliga för termisk vridning och över sintring. (3d hubs, 2020)



Figur 17 SLS 3D-printningsmetod. (www.3dhubs.com, 2020)

2.2.3 SLA/DLP, StereoLithography/digital Light Processing

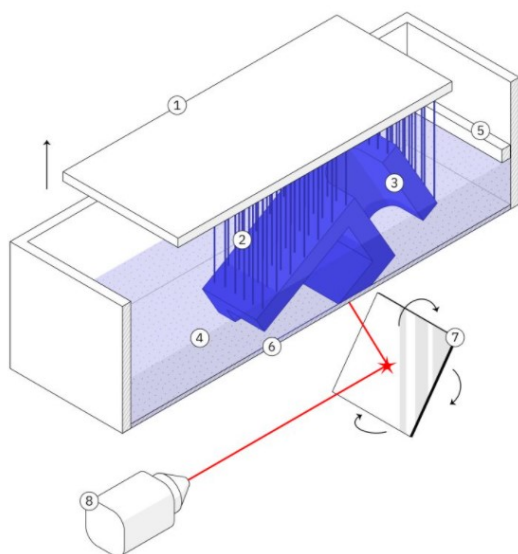
SLA och DLP är liknande processer som båda använder en UV-ljuskälla för att härda flytande harts i en behållare lager för lager. SLA använder en en-punkts laser för att härda hartset, medan DLP använder en digital ljus projektor för att projicera en enda bild för varje lager.

Efter printning måste produkten rengöras från hartset och sättas i en UV ugn för att förbättra dess hållfasthet. Därefter avlägsnas stödstrukturerna, om en ytjämnhet av hög kvalitet krävs, utförs ytterligare efterbehandlingssteg.

SLA / DLP kan producera delar med mycket hög dimensionell noggrannhet, invecklade detaljer och en mycket fin ytjämnhet vilket är bra för visuella prototyper. SLA och DLP har ett stort utbud av specialmaterial, såsom klara, flexibla och gjutbara hartser, vilket gör att de är mycket användbara för olika prototypprojekt.

Generellt är SLA / DLP-delar sprödare än FDM-delar, så de passar inte bäst för funktionella prototyper. SLA-delar får inte heller användas utomhus, eftersom deras mekaniska egenskaper och färg försämras när de utsätts för UV-strålning från solen. Stödstrukturer krävs alltid i SLA / DLP,

dessa stöd kan lämna små prickar på produktens ytor, därför kan det behövas efterbehandling för att få en slät yta på produkten. (3d hubs, 2020)



Figur 18 SLA/DLP 3D-printningsmetod. (www.3dhubs.com, 2020)

2.2.4 DMLS / SLM

Direct Metal Laser Sintering (DMLS) och Selective Laser Melting (SLM) producerar delar på ett liknande sätt som SLS. En laserkälla binder selektivt samman pulverpartiklar lager för lager. Skillnaden är att DMLS och SLM producerar delar av metall.

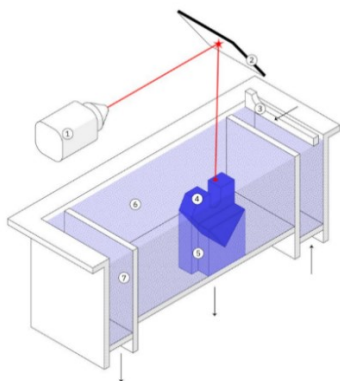
Skillnaden mellan DMLS- och SLM-processerna är liten, SLM uppnår en fullsmältning av pulverpartiklarna, medan DMLS värmer metallpartiklarna till en punkt så de smälter samman på molekylär nivå i stället.

Stödstrukturer krävs alltid i DMLS och SLM för att minimera den snedvridning som orsakas av de höga temperaturer som krävs för att smälta metallpartiklarna. Efter printning måste metall stöden tas bort antingen manuellt eller genom CNC-bearbetning. Bearbetning kan också användas för att förbättra noggrannheten hos kritiska funktioner, till exempel hål.

DMLS / SLM är bra för tillverkning av metalldelar med komplexa geometrier som traditionella tillverkningsmetoder inte kan producera. DMLS / SLM-delar kan och borde vara optimerade för att maximera deras prestanda och samtidigt minimera deras vikt och mängd material som används. DMLS / SLM-delar har utmärkta fysiska egenskaper, som ofta överträffar hårdmetallens hållfasthet.

Många metallegeringar som är svåra att bearbeta med andra tekniker går att tillverka med DMLS / SLM.

Kostnaderna förknippade med DMLS / SLM 3D-printning är höga. Av den anledningen bör DMLS / SLM endast användas för att tillverka delar som inte kan tillverkas med någon annan metod. Dessutom är byggstorleken för modern 3D-printning begränsad, eftersom de exakta tillverkningsförhållandena är svåra att upprätthålla för större byggvolymmer. (3d hubs, 2020)



Figur 19 DMLS/SLM 3D-printningsmetod. (www.3dhubs.com, 2020)

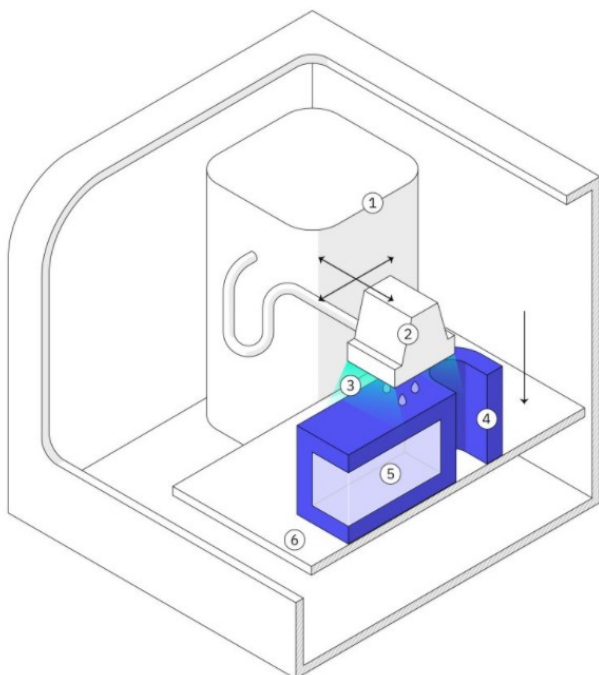
2.2.5 Material Jetting (PolyJet)

Material Jetting fungerar på samma sätt som standardbläckstråleskrivare. I stället för att skriva ut ett enda lager bläck på ett papper, placeras flera lager material på varandra för att skapa en del. Flera skrivhuvuden sprutar hundratals små droppar på byggplattformen, som sedan härdas av en UV-ljuskälla. Efter ett lager flyttas byggplattformen ner ett lager och processen upprepas. Stödstrukturer krävs alltid i Material Jetting. Ett vattenlösligt material används som bärare som lätt kan lösas upp under efterbehandlingen och som printas samtidigt som strukturmaterialet.

Material Jetting är den mest exakta tekniken för 3D-printning, med SLA / DLP som kommer nära på en andraplats. Material-jettade delar har en mycket slät yta, jämförbar med formsprutning och mycket en hög dimensionell noggrannhet, vilket gör dem idealiska för realistiska prototyper och delar som behöver ett utmärkt visuellt utseende.

Material Jetting är en av de dyraste 3D-printningsprocesserna och den höga kostnaden kan göra det ekonomiskt olämpligt för vissa applikationer. Dessutom är delar som produceras med Material Jetting inte bäst lämpade för funktionella applikationer. Precis som SLA / DLP är materialen som används med denna process värmehärdande, så de producerade delarna tenderar att vara spröda. De är också

ljuskänsliga vilket innebär att deras egenskaper kommer att försämrats med tiden när de utsätts för solljus. (3d hubs, 2020)



Figur 19 Polyjet 3D-printningsmetod. (www.3dhubs.com, 2020)

2.3 3D-printningsprocess

I detta kapitel går vi igenom hur 3D-printningsprocessen går till från 3D-fil till efterbehandling av den färdiga produkten. Printnings processen delas oftast in i tre olika delar, design, printning och efterbehandling.

2.3.1 Design

Att designa digital modell är det första steget i tillverkningsprocessen. Den vanligaste metoden för att producera en digital modell är med hjälp av ett CAD-program. Omvänd teknik kan också användas för att generera en digital modell via 3D-skanning. Det finns flera designhänsyn som måste utvärderas när man designar en produkt för 3D-printning. Dessa fokuserar vanligtvis på funktionsbegränsningar och krav på stöd eller utrymningshål och varierar beroende på teknik. (additive-manufacturing-process, 2020)

2.3.2 Printning

En 3D-printer består ofta av många små och komplicerade delar, så korrekt underhåll och kalibrering är avgörande för att producera exakta delar. I detta skede laddas också utskriftsmaterialet i Printern. Råvarorna som används vid 3D-printning har ofta en begränsad hållbarhetstid och kräver noggrann hantering. Medan vissa processer erbjuder förmågan att återvinna överflödigt byggmaterial kan upprepade återanvändning resultera i en minskning av materialegenskaper om den inte byts ut regelbundet. De flesta maskiner för tillverkning av tillsatser behöver inte övervakas efter att printningen har börjat. Maskinen kommer att följa en automatiserad process och problem uppstår vanligtvis bara när maskinen får slut på material eller om det finns ett fel i programvaran. (additive-manufacturing-process, 2020)

2.3.3 Efterbehandling

För vissa tillverkningstekniker för 3D-printning är borttagning av produkten så enkelt som att separera delen från byggplattformen. För andra mer industriella 3D-printmetoder är avlägsnandet av detaljen en mera omfattande där detaljen fortfarande är inneslutet i byggmaterialet eller fäst på byggplattan. Dessa metoder kräver en mera komplicerad borttagningsprocedur med säkerhetsutrustning och kontrollerade miljöer.

Efterbehandlingsprocessen varierar beroende på 3D-printningstekniken. SLA kräver att en komponent härdas under UV före hantering, metalldelar behöver ofta spänningsavlastas i en ugn medan FDM-delar kan hanteras direkt. För tekniker som använder stöd tas detta också bort efter efterbehandling. De flesta 3D-printningsmaterial kan slipas och andra efterbehandlingstekniker inklusive högtrycksrengöring, polering och färgning implementeras för att förbereda produkten för slutanvändning. (additive-manufacturing-process, 2020)

3 Metod

I detta kapitel presenteras metoden som användes för att utforma ett fungerande 3D-printad prototypformsprutningsverktyg. Här behandlas bland annat 3D-modellerings programmet, 3D-printnings programmet och 3D-printern, efterbehandling samt formsprutning med prototypverktyget.

3.1 Arbetsprocessen

Information kring formsprutning och 3D-printning söktes i litteratur. Litteratur om formverktyg och 3D-printning har använts för att designa handtaget och sedan konstruera formverktyget till att fungera så bra som möjligt. Diskussioner kring planering och design har framförts under dagarna jag var på plats vid företaget och per epost.

3.2 CAD-modellering

Som verktyg vid planering av det nya prototypantaget och formverktyget användes CAD-programmet PTC-Creo. Med programmet modellerades först det nya prototypmountainbike handtaget varefter prototypformverktyget blev modellerat.

Ursprungliga delar så som kärnan till handtaget och prototyp inläggsfickan fanns tillgängliga i Herrmans databas för 3D-delar och ritningar. På detta sätt gick det smidigare att modellera det nya prototyp verktyget när det fanns färdiga delar att utgå ifrån.

Vid planering av handtaget tog man i beaktande att det skulle gå att tillverka med hjälp av formsprutning. Bland annat togs det i beaktande att mönster i designen som är insänkta har en liten vinkel på några grader för att den skall kunna lossna när formverktyget öppnar sig.

Vid planeringen av prototyp verktyget togs det i beaktande att det skulle gå att 3D-printa samt att det också skulle vara hållbart och tåla kraften vid formsprutning. Detta gjordes genom att använda en shell-funktion i programmet för att uppnå jämntjocka kanter på modellen. Därefter ritades det in stödribbor för att få modellen att bli starkare. En annan orsak för detta är att säkerställa att hartset härdas lika på alla ställen och att materialet inte vrider sig vid efterbehandlings fasen. Det valdes också att runda av alla vassa kanter för att minska sprickbildningen vid senare skeden. Vid öppningen av insprutningskanalen valdes att sätta till lite material för att minska läckage vid insprutning.

3.3 3D-printning

Vid 3D-printning användes 3D-systems Figure 4 standalone printer vid Herrmans vilket är en DLP 3D-printer. Som printnings material användes 3D-Systems HI TEMP 300-AMB harts vilket är ett värmetåligt och hårt material. Materialet är väl lämpat för testning av högtemperaturkomponenter i applikationer inklusive, konsumentapparater, motorhöljen, statorer, formor och liknande. (3dsystems, 2020)

Som programvara för 3D-printningen användes 3D Sprint från 3D Systems. Programmet förbereder och optimerar CAD- step filen för 3D Systems plast 3D-printrar. Man börjar med att importera en step fil till programmet som man sedan reparerar om det behövs. Därefter placerar man 3D-modellen på den simulerade printnings byggplattformen. När programmet visar att hela delen är innanför maskinens byggvolym skall man sätta till stödstrukturer som 3D-modellen kommer byggas på. När man är nöjd med hur simuleringen i programmet ser ut kan man skicka över filen till 3D-printern. När filen har skickats över behöver man fylla 3D-printern med harts samt skanna flaskan för att den skall veta vilket material som används. Därefter skall man placera in en ny, ren byggplattform och trycka på start.

3.4 Efterbehandling

När printern har printat färdigt modellen är det dags för modellens efterbehandling. Efterbehandlingen går ut på att ta bort stödstrukturen från 3D-modellen, därefter skall produkten tvättas i alkohol för att få bort ohärdat material som har fastnat på den. Efteråt skall produkten torka tills den är helt torr och inte har några glänsande ytor.

Efter att produkten är torr skall den placeras i en UV-ugn som härdar den. I detta fall används 3D-systems uv ugn vid namnet NextDent LC-3DPrint Box. UV-ugnens härdnings tid är material beroende, allt mellan 30 min och 90 min. Med materialet som används i denna undersökning används en härdningstid på 90 min.

Eftersom kontaktytorna på formhalvorna inte var helt perfekta efter printningen behövdes de också slipas ner lite för att få en jämn yta. Verkyget var lite längre så 0,5 mm slipades bort från ena endan för att få den att passa i prototypverkygsfickan. Tom rummet på undersidan av inläggen fylldes med en plastmassa för att få bort ihåligheterna i inlägget printad med Hi-temp materialet.

3.5 Provkörning med prototypverktyg

Provkörningen gjordes genom att installera prototypformverktygs inläggen i prototypverktygs fickan, som sedan installerades i formsprutningsmaskinen. Inläggen slipades också så att de fick en slät yta så att de inte läcker.

4 Resultat

I detta kapitel behandlas resultatet av bland annat av designen och 3D-printningen av handtaget. Här presenteras också designen och 3D-printningen av prototypformsprutningsverktyget, samt vad slutresultatet blev när de skulle testas med hjälp av formsprutning i en formsprutningsmaskin.

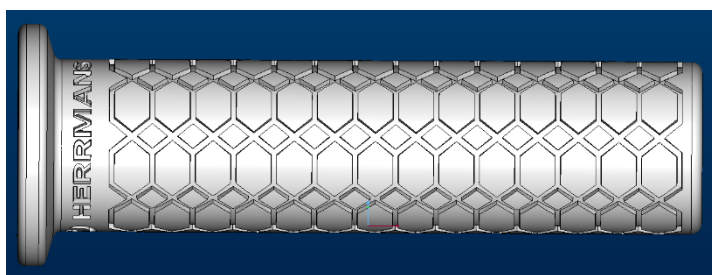
4.1 Handtag

I detta kapitel presenteras designen och resultatet av den 3D-printade handtaget som blev designat, 3D-printad och sedan formsprutad.

4.1.1 Design

Vid planering av handtaget togs i beaktande att den skulle gå att tillverka med hjälp av formsprutning. Bland annat togs det i beaktande att mönster i designen som är insänkta har en liten vinkel på några grader för att den skall kunna lossna när formverktyget öppnar sig. Handtagets dimensioner är anpassade så att den skall rymmas in i prototypinlägget. Innerdiametern för handtaget är samma som på många andra handtag som Herrmans tillverkar.

Herrmans har använt sig av sex kanter på deras produktförpackningar, därför valdes det att sättas ett liknande mönster på detta prototyphandtag. I detta fall valdes att sätta samma mönster på hela handtaget med Herrmans logo på inre ändan av handtaget.



Figur 20 CAD-bild på handtagsdesign.

4.1.2 3D-printning

För att kunna se och känna på handtaget valdes att 3D-printas en prototyp av det. Materialet som den blev printad i heter Figure 4 Pro-blk 10 och är ett hårt material. Handtaget valdes att 3D-printas för att på så sett kunna se om djupet på mönstren är tillräckligt djupa eller om några andra dimensioner behövdes ändras.



Figur 21 3D-printat handtag.

4.2 Formverktygsinlägg

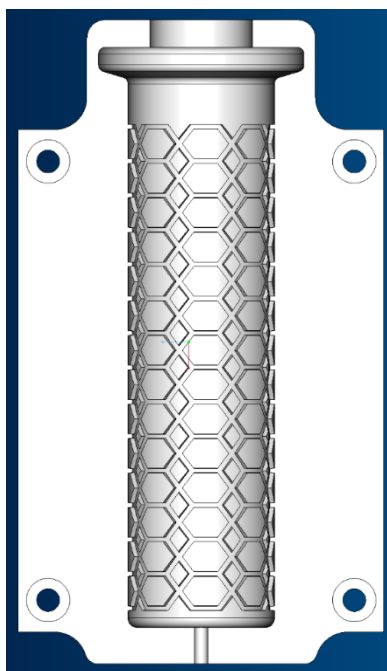
I detta kapitel presenteras designen på formverktyget samt resultatet. Här presenteras också problem som uppstått med 3D-printandet samt vid senare skeden.

4.2.1 Design

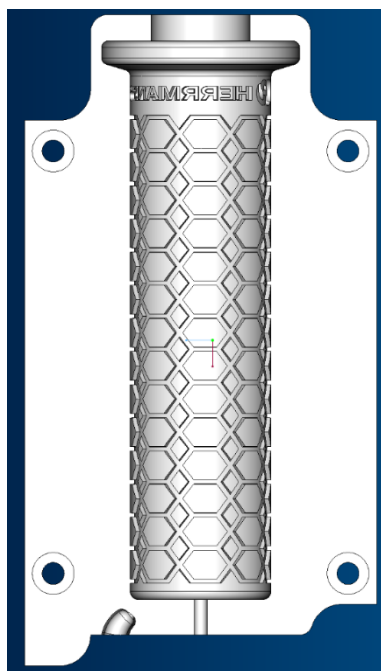
Som nämnts tidigare är formverktygsinläggets design är gjord så att den passar in i prototypverktygsfickan. Ingötsystemen i denna prototypverktygsficka är en kall kanal. Eftersom Inlägget är 3D-printad med en DLP-printer och blivit integrerat i en verktygsficka så har inga tempereringssystem eller avluftnings system blivit använt, både för att kunna få det 3D-printat och för att få en så slät kontaktyta som möjligt mellan inläggshalvorna. Inlägget är tvådelat och designad för att en 22 mm kärna skall vara i mitten av den. Mönstren i inlägget är kopierad från prototyp-handtaget som blev designat.

Som tidigare nämnts är inlägget designad med hjälp av en Shell-funktion vilket gör att alla väggar på inlägget är lika tjocka. På undre sidan har det blivit satt in stödribbor för att göra inlägget mera stadigt men också för att få en jämn härdad produkt vid 3D-printningen.

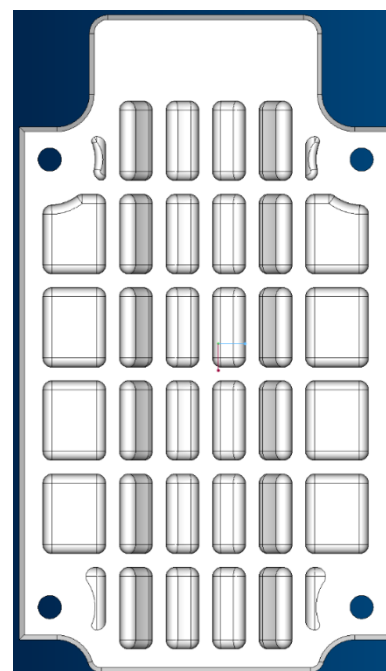
Eftersom 3D-printade verktyget i Alumide PA12-MB är tillverkat med SLS-metoden är den helt och hållet kompakt utan några ihåligheter på undre sidan men annars har den samma utformning som den original designade inlägget.



Figur 22 Inläggshalva.



Figur 24 Inläggshalva med ingöte.

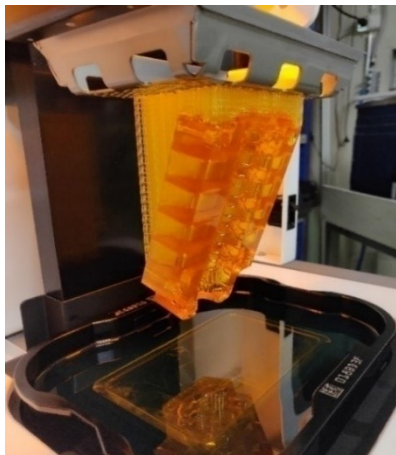


Figur 25 Undre sidan på inläggshalvorna.

4.2.2 3D-printad i (Hi-temp 300 AMB)

Vid 3D-printningen i materialet Hi-temp uppstod det i början några problem. Problem som uppstod under printning av formhalvorna var att när första delen var klar printad hade den fått ett litet hål snett genom biten. Ett annat problem som uppstod när andra halvan skulle printas var att första lagret av biten inte hade fastnat i stöden som krävs för printningen. Detta kan ha berott på att maskinen har skakat på sig, problem med stödstrukturer, smuts i hartset, projektorn är smutsig eller att glasytan under hartsbehållaren är smutsig.

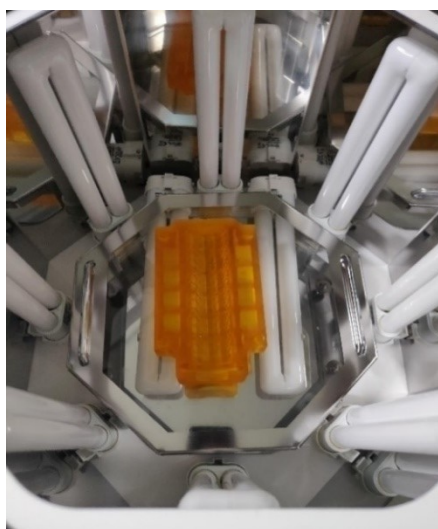
När printandet började fungera blev det printat två halvor som kan ses i på bilderna nedan, orsaken varför delen är placerad med en vinkel vid 3D-printningen är för att man vill minimera tvärsnittsarean för att få en finare del och en snabbare process. Dessa inläggshalvor blev sedan bearbetade så att de passade in i prototypfickorna.



Figur 26 Formhalva i 3D-printern.



Figur 27 Formhalva efter tvätt.



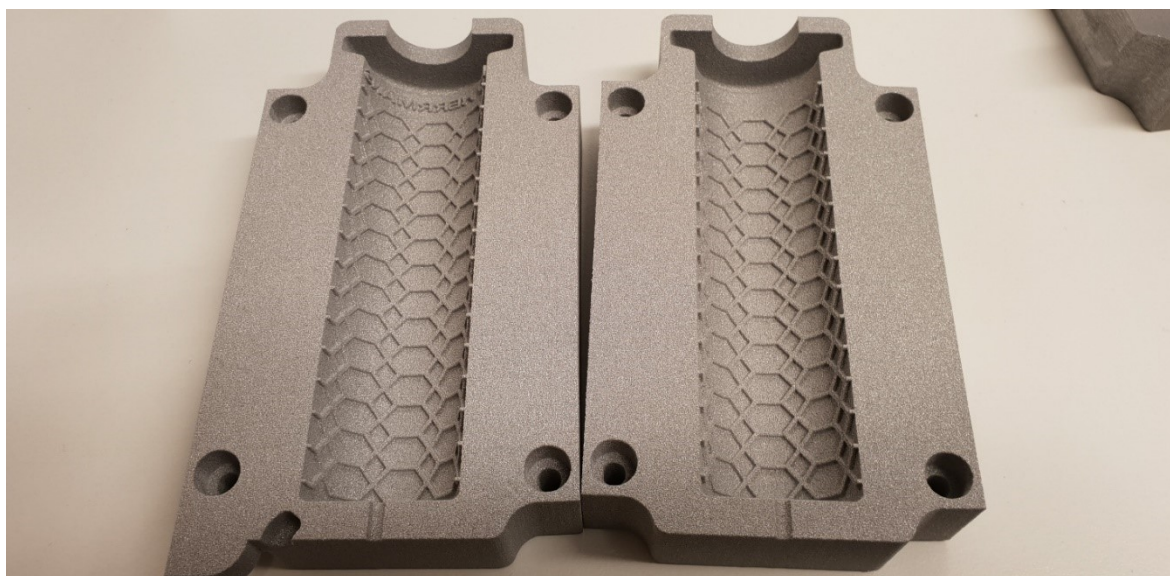
Figur 28 Formhalva i UV-ugn.



Figur 29 Formhalva efter UV-härdning.

4.2.3 3D-printad i (Alumide PA12-MB)

Alumide 3D-printade verktyget beställdes utifrån från ett 3D-printnings företag. Alumide är ett grått material som är blandat ihop av polyamid och aluminiumpulver. Pulverblandningen binder ihop med hjälp av lasersintring. Efter att produkten är färdig printad har man fått en tålig och lättbearbetbar produkt med goda seghets- och styvhetssegenskaper som lämpar sig bra för delar som behöver bland annat bra värmetålighet.



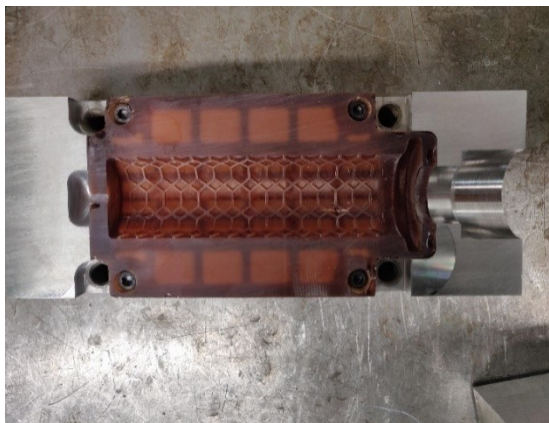
Figur 30 Formhalvor printad i Alumide.

4.3 Formsprutning

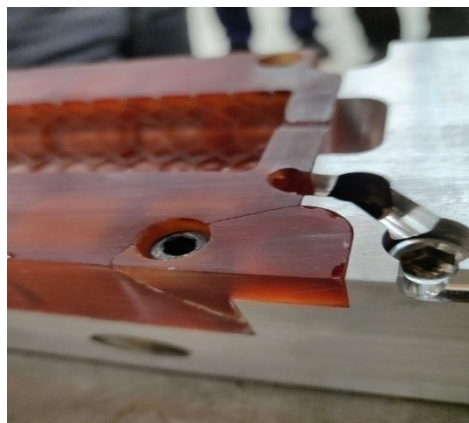
I detta kapitel presenteras resultatet efter provkörningen med både egna 3D-printade formverktygsinläggen i Hi-temp 300 AMB materialet samt 3D Formtechs printade inlägg i Alumide PA12-MB. Provkörningen gjordes i termoplastisk elastomer i hårdheten shore 43 A.

4.3.1 Formsprutning med inlägg av Hi-temp 300 AMB

Vid installeringen av formverktygs inläggen i prototypfickan sprack inläggen på flera ställen på grund av det spröda materialet. På grund av att materialet var så sprött så gick inte ytorna att bearbeta med maskin utan slipades för hand. Även då sprack den och bitar lossnade från sidorna. Eftersom inläggen var designade med stödribbor och ihåligheter så fylldes inläggets undersida med en plastmassa för att få bort ihåligheterna. På grund av att inläggen i materialet Hi-temp sprack och gick sönder på olika ställen hela tiden valdes det att inte göra någon provkörning med dessa inlägg.



Figur 31 Formhalva i prototypficka.



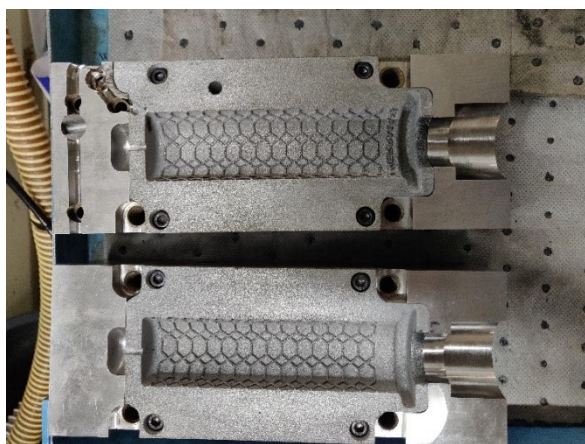
Figur 32 Spricka vid skruvhål vid fastsättning.



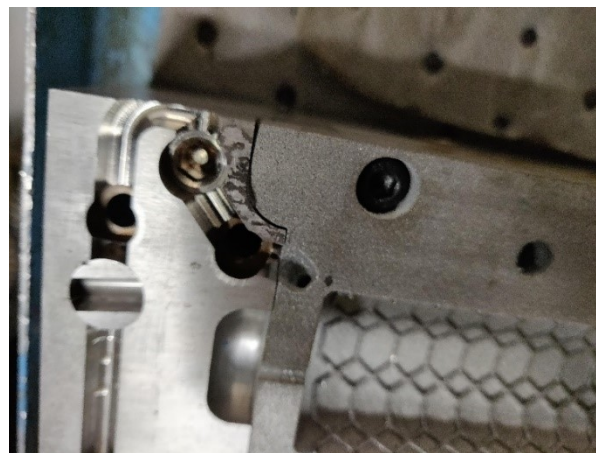
Figur 33 sprickor vid kanter av formhalvan.

4.3.2 Formsprutning med inlägg av Alumide PA12-MB

Alumide-inläggen installerades i prototypfickorna vartefter det sågs till att halvorna passade ihop. Därefter installerades prototypinläggsfickorna i formsprutningsmaskinen. Provkörningen med Alumide gick bättre än med Hi-temp-materialet. Under den tid som var planerat för provkörningen var det svårt att få en bra yta dels för att Alumide inläggen inte har en riktigt slät yta vilket gjorde att handtagets yta inte blev riktigt slät och fastnade fast i början så att den revs sönder, dels för att inläggshalvorna saknade kylning. Efter att ha sänkt temperaturen, förlängt kyltiden och sprayat in lite kylspray i inlägget fick man till sist ut några handtag med endast små defekter.



Figur 34 Alumide formhalvor i prototypfickor.



Figur 35 Bild på ingjutssystem.



Figur 36 Formhalva i formsprutningsmaskin.

4.3.3 Slutliga detaljen

a. Med Hi-temp 300 AMB-inlägget

Som tidigare nämnts så gick det inte att provköra formverktygsinlägget printad i Hi-temp materialet och därför fick man inte heller ut någon slutlig detalj med detta inlägg.

b. Med Alumide PA12-MB-inlägget

Som tidigare nämnts valdes slutliga produktens material att vara termoplastisk elastomer i hårdheten shore 43 A. Defekter som förekom till först på handtaget var gropar som sjunkit in troligen på grund av att värmen inte slapp ut tillräckligt fort ur formen. Några handtag revs även sönder eftersom de fastnade i formen. På handtagen syns även en linje där formhalvorna har mötts. Handtagens yta är lite sträv eftersom inläggens yta var sträv. Defekterna och hur det sedan började se ut i slutet kan ses på bilderna nere.



Figur 37 Färdiga handtag.



Figur 38 Gropar i handtaget.



Figur 39 Defekt för att den fastnat.

4.4 Sammanfattning av resultat

En jämförelse mellan det 3D-printade formverktyget hos Herrmans och 3D-printad formverktyg från 3D Formtech i Alumide gjordes. Tillverkningstiden för 3D-printade formverktygen hos Herrmans togs endast tiden som det tog för båda inläggen att bli 3D-printad samt härdad i uv-ung. Medan Alumide materialet är tiden från beställning tills de anlände till Herrmans.

Hi-temp materialet gick inte i detta fall att använda. När Hi-tempformhalvorna skulle sättas fast i prototypverktygsfickorna och började spricka konstaterades det snabbt att det är ingen vits att försöka göra en provkörning med dessa. Detta var också lite förväntat eftersom Hi-temp materialet innehåller keramiska partiklar vilket gör att den är lite spröd.

När det kom till Alumide formhalvorna var det inga större bekymmer att få dem att passa in i prototypverktyget. Ett hål på sidan av formen behövdes borras in i efterhand eftersom en utstötartapp skulle komma igenom, materialet var hållbart och gick lätt att borra i. För att vara ett prototypverktyg som är printad så blev handtagen i Alumide formhalvorna bättre än förväntat. Största problemet med detta verktyg var att det inte fanns någon kylning i den så materialet ville ta fast när formen skulle öppnas. Detta åtgärdades med att spraya in lite smörjmedel som fungerade som kylning och på så sätt fick man till slut ut handtag som till och med var användbara.

Tabell 1 Resultat

Material	Hi-temp 300 AMB	Alumide PA12-MD
Tillverkningstid / Leveranstid	~ 14 timmar	~ 1 vecka
Bearbetningsvänlig	Nej	Ja
Hållbarhet / bearbetningstålig	spricker mycket enkelt	går att maskinbearbeta
Fungerade vid formsprutning	Nej	Ja

4.5 Förslag till vidareutveckling

Eftersom formhalvan printad i Hi-temp materialet inte höll så skulle det kunna löna sig att försöka printa dem på nytt. Man kunde till exempel prova att printa hela biten utan stödribbor även om det går åt lite mera material. Hi-temp-inläggshalvornas ytor blev lite vågiga vid printningen vilket skulle kunna åtgärdas kanske med just detta att inte ha stödribbor på undersidan eller då att printa med en mindre lager höjd. På detta sätt kunde man slippa att slipa för att få dem att passa ihop.

Man kunde också se på om man på något sätt skulle få designat ett prototypverktyg med kylkanaler som går att 3D-printa och som man skulle få ihop med prototypfickorna. På detta sätt kunde man komma till nästan helt defekt fria prototyphandtag. Detta med kylkanaler skulle kanske gå att få printad med SLS-metoden eftersom det inte behövs stöd vid printningen, och på detta sätt få kanaler inne i verktyget som efter printningen skulle rengöras från sintrat pulver med tex högtrycksluft. Här skulle man dock behöva ytbehandla de printade delarna för att få dem vattentäta. eller printa med ett vattentätt polyamidmaterial.

Herrmans har även nu köpt en liten formsprutningsmaskin för prototypstillverkning vilket skulle vara något att testa om 3D-printade formverktyg skulle gå att använda i. Eftersom den är mycket liten och kraften inte heller så stor skulle ett 3D-printat formverktyg kunna hålla bra i den. Man skulle då enkelt och snabbt kunna testa om det fungerar eftersom det är endast avsätt för prototyper så man behöver inte passa in testning i en maskin som skulle kunna producera riktiga produkter.

5 Diskussion

Arbetets syfte var att testa om det går att 3D-printa formhalvor med Herrmans 3D-printer och om det går att använda dessa i en formsprutningsmaskin. En jämförelse gjordes mellan de 3D-printade formverktygen vid Herrmans och de beställda i Alumide. I detta fall så var det inga större bekymmer med formhalvorna förrän det kom till provkörningen och Hi-temp-formhalvorna började gå sönder.

Jag tycker själv att målet med arbetet har uppfyllts. Formhalvor har både blivit designat och 3D-printat och även testad om de håller för att användas i ett formsprutningsverktyg. Jag anser att detta är en bra grund att fortsätta att utveckla 3D-printandet av prototypformhalvor på, och att det är något man skall fortsätta med för att få ner bland annat kostnader.

Problematiken som jag ser det i detta arbete har varit att få ihop två olika tillverkningsprocesser varav formsprutning har varit ganska främmande för mig. Jag tycker ändå att arbetet har framskridits bra under detta år och är nöjd med slutresultatet.

5.1 Slutord

Examensarbetet har varit intressant och det har varit givande att ha med 3D-printning att göra eftersom ämnet intresserar mig. Jag sökte efter ett examensarbete som skulle vara intressant, där jag kunde lära mig nya saker, vilket detta projekt uppfyllde.

Jag har lärt mig mycket om formsprutning och hur ett formsprutningsverktyg är uppbyggt. Jag har fördjupat mig i formsprutning och 3D-printning som jag lärt mig mycket om i detta arbete.

Jag vill tacka min handledare Thomas Finnäs och Herrmans Bike Components för att jag fått en så intressant uppgift och för alla goda råd jag fått under arbetets gång. Vill också tacka min handledare från Novia, Kenneth Ehrström, för all hjälp jag fått under arbetet.

6 Referenser

3d hubs. (den 15 10 2020). Hämtat från www.3dhubs.com/guides/3d-printing:
<https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/#fdm>

3dprinting.com. (den 15 10 2020). Hämtat från What is 3d printing:
<https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

3dsystems. (den 4 12 2020). Hämtat från www.3dsystems.com/materials/figure-4-hi-temp-300-amb:
<https://www.3dsystems.com/materials/figure-4-hi-temp-300-amb>

3dsystems. (den 6 3 2021). Hämtat från www.3dsystems.com/3d-printers/figure-4-standalone:
<https://www.3dsystems.com/3d-printers/figure-4-standalone>

additive-manufacturing-process. (den 4 12 2020). Hämtat från www.3dhubs.com:
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-process/>

amb.se. (den 18 09 2020). Hämtat från formsprutning: <https://amb.se/formsprutning/>

Bruder, U. (2017). Formverktygets uppbyggnad. i U. Bruder, *Vårt att veta om plast* (ss. 91-100). Karlskrona: Bruder consulting AB.

Bruder, U. (2017). *Vårt att veta om plast*. Karlskrona: Bruder Conslting AB.

herrmans.eu. (den 4 12 2020). *about-us*. Hämtat från herrmans.eu:
<https://herrmans.eu/about-us/>

Injection Molding. (den 17 09 2020). Hämtat från [custompartnet](http://www.custompartnet.com):
<https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>

Kreol.se. (den 18 09 2020). Hämtat från Vad är formsprutning:
<http://kreol.se/laromedel/vad-ar-formsprutning/>