

Tillverkning av uttagningsstöd för tryckgjutna tvättställ med hjälp av CAD/CAM-metoder

Charlotte Stor

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2011



EXAMENSARBETE

Författare: Charlotte Stor
Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Datorstödd tillverkning
Handledare: Håkan Bjurström

Titel: Tillverkning av uttagningsstöd för tryckgjutna tvättställ med hjälp av CAD/CAM-metoder

Datum: 23.03.2011

Sidantal: 31

Bilagor: 1

Sammanfattning

Datorstyrd tillverkning är ett begrepp som blir allt mer omfattande. Tillverkningsindustrin uppskattar att man idag snabbt kan modellera en ny produkt i tre dimensioner och att tillverkningsmetoderna blir både fler och förmånligare. Detta har möjliggjorts med CAD- och CAM-metodernas framfart. Syftet med detta examensarbete är att beskriva hur man övergår från manuell tillverkning av en produkt till datorstyrd tillverkning. Produkten i detta fall är ett uttagningsstöd som har en stödfunktion på produktionslinjen av tvättställ i IDO Badrums fabrik. Det tillverkade stödet kommer att fungera som en första prototyp och utvecklingen av stöden kommer att fortsätta på IDO.

Konstruktionen av stödet gjordes i CAD-programvaran Creo Elements/Pro, där konstruktionen slutligen testades i ett montage där produktionslinjens alla väsentliga delar ingick. Stödet kommer sedan att fräsas ut av företag som erbjuder CNC-frästjänster. Ett lämpligt material valdes utgående från rekommendationer av både anställda på IDO och CNC-fräsfirmor.

Resultatet av det konstruerade stödet motsvarade förväntningarna, även om tidsramen för examensarbetet omöjliggjorde en fysisk testning av stödet. Examensarbetet innefattar konstruktion, materialval, undersökning av olika rapid prototyping-tillverkningsmetoder, kontakttagande till CNC-fräsföretag, offertförfrågning samt beställning.

Språk: Svenska

Nyckelord: CAD, CAM, Creo Elements/Pro, CNC, polyuretan

BACHELOR'S THESIS

Author: Charlotte Stor
Degree Programme: Automation and IT, Raseborg
Specialization: Design and Manufacturing
Supervisors: Håkan Bjurström

Title: Manufacturing of Demoulding Jig Device Using CAD/CAM Methods/

Tillverkning av uttagningsstöd för tryckgjutna tvättställ med hjälp av CAD/CAM metoder

Date: 23 March 2011 Number of pages: 31 Appendices: 1

Summary

Computer Aided Manufacturing (CAM) is a term that is becoming more and more extensive. Manufacturing industries appreciate that we today can model a new product fast and that the manufacturing methods become cheaper and more diverse. This has become possible thanks to the advance of CAD and CAM methods. The purpose of this thesis is to describe the transition from manual manufacturing of a product to computer-aided manufacturing. The product in this case is a demoulding jig device that serves as a support in the production line of wash basins at the IDO Bathroom factory.

The design of the support was done in the CAD software Creo Elements/Pro where the design was finally tested in an assembly, where all the essential parts of the production line were included. The jig device will be milled by a company that offers CNC milling services. A suitable material was chosen according to recommendations from employees at both IDO and CNC milling companies.

The result of the designed jig device met the expectations, even if the deadline of the thesis made it impossible to physically test the device. This thesis includes design, choice of material, research of different rapid prototyping methods, contacting of CNC milling companies, request for quotation and an order.

Language: Swedish Key words: CAD, CAM, Creo Elements/Pro,
CNC, polyurethane

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Problemformulering	1
1.2	Mål för uppdraget	3
2.	IDO Badrum Oy Ab	3
2.1	IDO Group	3
2.2	Sanitec- koncernen	4
2.3	Ekenäs-fabriken förr och idag	5
2.4	Kvalitetspolicy och kvalitetscertifikat	6
2.5	Miljöaspekter och miljöcertifikat	6
2.6	Produktutvecklingsavdelningen vid IDO	7
2.7	Examensarbetets styrgrupp	7
3.	Avformningsstöd till tvättställ	8
3.1	Hur avformningsstöden tillverkas idag	8
3.2	Krav på materialvalet	10
3.3	Krav och önskemål på konstruktionen	10
3.4	Materialundersökning	10
3.5	Materialjämförelse	11
3.5.1	Fysisk datajämförelse	12
3.5.2	Amorfa termoplaster	12
3.5.3	Härdplaster	13
3.6	Tryckfasthetsberäkning	14
7.	Produktmodellering	16
7.1	Creo Elements/Pro	16
7.2	CAD- modelleringens utgångsläge	17
7.3	Modellering enligt materialval	18
7.4	Ytmodellering	19
8.	Rapid Prototyping	20

8.1	3D-Printning	21
8.2	Stereolitografi	22
8.3	Fused Deposition Modeling	23
8.4	CAD-, CAM- och CNC-interaktion.....	24
8.5	Från CAD-modell till färdigt arbetsstycke.....	25
9.	Tillverkning av avformningsstöd.....	26
9.1	Offertförfrågningar	27
9.2	Trikatex Mould Oy Ab.....	28
10.	Kostnadsberäkning	29
11.	Kritisk granskning och diskussion	29
12.	Ordförklaringar	31
	Källor	32
	Bilagor.....	33

1. Inledning

Utveckling av produkter och modeller med CAD/CAM-metoder blir vanligare i takt med att produktutvecklingsprocessen skall gå allt snabbare. Kunskaper i 3D-modellering uppskattas allt mer och det finns ett växande behov av CNC-maskinoperatörer. Under en arbetspraktik vid IDO Badrum Oy Ab blev jag erbjuden ett uppdrag för att undersöka möjligheten att tillverka uttagningsstöd till tryckgjutna tvättställ med CAD/CAM-metoder. Eftersom jag hade erfarenhet av 3D-modelleringsprogrammet som används vid IDO från en utlandspraktik och gärna ville utveckla mina kunskaper tackade jag ja till uppdraget. Till mitt uppdrag hörde även att hitta ett lämpligt plastmaterial som stödet kunde fräsas i, vilket innebar lite mer teoretisk undersökning.

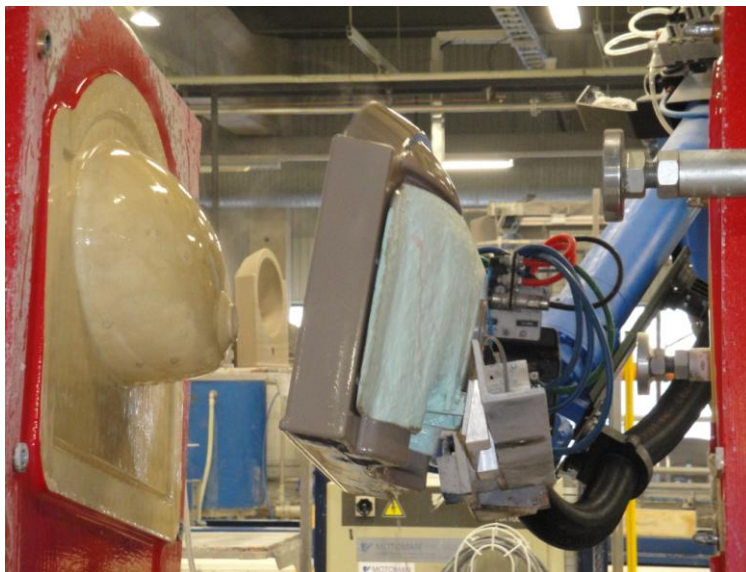
När uttagningsstödet modellerats skall även offertförfrågningar skickas till företag som erbjuder frästjänster. Eftersom IDO vill utöka sina kontakter till fräsföretag är det även min uppgift att hitta potentiella företag som är villiga att tillverka stödet. Mina förhoppningar var att offert-, tillverknings- och leveransprocessen skulle gå så smidigt att jag i detta arbete även kunde inkludera fysiska testresultat. Tyvärr var leveranstiden av det tillverkade stödet utanför min tidsram för examensarbetet.

1.1 Problemformulering

Under våren 2010 började IDO tryckgjuta tvättställ när tryckgjutningsutrustning från den nedlagda Sphinx-fabriken i Nederländerna installerats i Ekenäs. När tvättställerna kommer ur tryckgjutet är porslinet fortfarande mjukt och ska då flyttas från tryckgjutningsformen till avställningsbänken och vidare därifrån till torkvagnen (se figur 1 och 2). För denna förflyttning, som sker med en robot, behövs ett stöd till tvättstället. Det är viktigt att varje tvättställsmodell har ett skräddarsytt avformningsstöd för att undvika att tvättstället tappar sin form. Stödet bör ge en stor stödyta så att tvättstället inte sjunker ihop och stödet får inte åstadkomma några märken i porslinet.

Dessa avformningsstöd tillverkas nu för hand i produktutvecklingens verkstad. De handgjorda stöden var från början en prototyp, men tillverkas fortsättningsvis på detta sätt.

Lamineringen av stöden är en arbetsdryg process som tar ungefär två arbetsdagar, samtidigt som de ämnen som används vid lamineringen är hälsovådliga. Vidare har lutningsvinkeln för tvättställen ändrats från en 10-gradig lutning till 18° och detta har lösts tillfälligt med kilar i rätt vinkel mellan robotarmen och stödet. Slutligen görs inte stöden med tillräckligt stor mått noggrannhet. Det kan i sällsynta fall åstadkomma märken i porslinet, vilket måste åtgärdas manuellt.



Figur 1. Ett avformningsstöd stöder ett nygjutet tvättställ när det flyttas med hjälp av roboten till avställningsbänken. (Egna bilder, 2010).



Figur 2. Avställningsbänken, med mindre stöd utan tvättställ. Till höger syns torkvagnen dit tvättställena lyfts vidare. (Egna bilder, 2010).

1.2 Mål för uppdraget

Mitt mål är att med hjälp av Creo Elements/Pro konstruera en CAD-modell för ett avformningsstöd med så bra passform som möjligt. Det nya stödet skall vara större än de som används nu för att ge bättre stöd. Dessutom skall stödet helst vara komplett i en del, det skall alltså borraras och gängas för festsättning direkt i robotarmen, utan att extra stödjärn skall behöva fästas i stödet. Den rätta lutningsvinkeln skall också fås direkt från stödet så att kilarna i framtiden inte är nödvändiga. Stödena skall tillverkas med CNC-fräsmaskin, antingen med IDO:s egen fräs eller med hjälp av en utomstående fräsfirma. Det är även min uppgift att hitta ett lämpligt material som stöden skall tillverkas i.

Tvättställsmodellen som jag kommer att tillverka ett stöd till heter IDO Trevi 11185, dess arbetsnamn är 85:an efter sin produktkod. Storleken på tvättstället är 560 x 440 x 185 mm.



IDO Trevi 11185

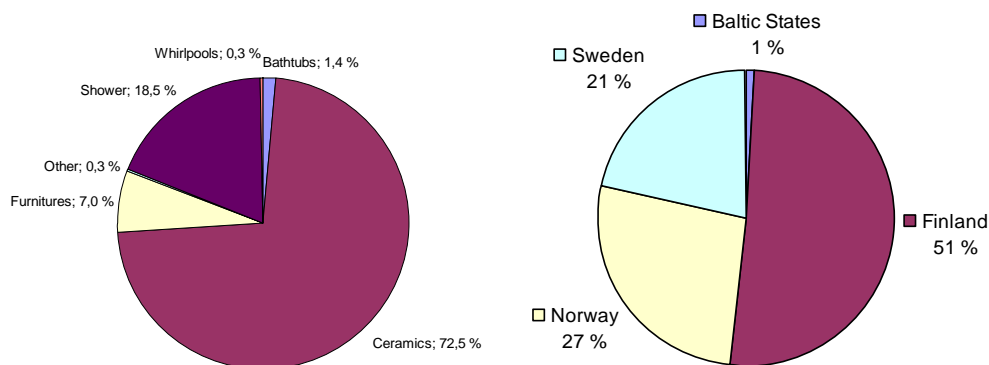
Figur 3. Tvättställsmodellen Trevi (IDO Konsumentbroschyr, 2010).

2. IDO Badrum Oy Ab

2.1 IDO Group

Med början som en mindre porslinsfabrik har IDO växt till Finlands ledande leverantör inom badrumslösningar med en av Europas modernaste sanitetsporslinsfabriker stationerad i Ekenäs. Till IDO:s sortiment hör högkvalitativa wc-stolar, tvättställ, badrumsmöbler, duschar, bad- samt bubbelkar (se figur 4). IDO Group befinner sig i Finland, Sverige, Norge och Baltikum (Estland, Lettland, Litauen) och är marknadsledande i både Finland och Norge. I Norge fungerar IDO Group under namnet Porsgrund. Störst är IDO i Finland med den högsta omsättningen på 37 miljoner euro och där är även sysselsättningen högst

med 242 anställda fördelade på fabriken i Ekenäs samt kontoret i Helsingfors (år 2009). (IDO Group, 2010).

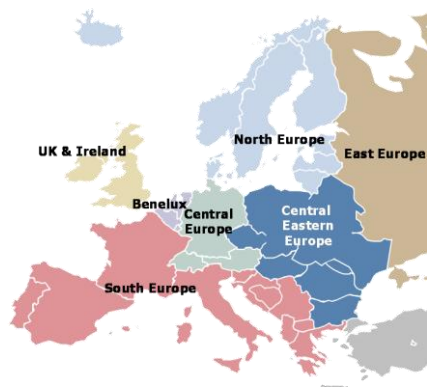


Figur 4. IDO Groups produktgrupper respektive marknadsområde. (IDO Group, 2010).

2.2 Sanitec- koncernen

Sanitec grundades år 1990 som ett dotterbolag till Wärtsilä och bestod då av ett samarbete mellan Wärtsilä Tammissaari Porcelain (nuvarande IDO), Ifö Sanitär i Sverige och Porsgrund i Norge. År 1999 börsnoterades Sanitec på Helsingforsbörsen och fortsatte utvidga sig i Europa genom att värva fler badrumsleverantörer. Idag innefattar Sanitec de mest kända varumärkena och är Europas ledande leverantör inom badrumsprodukter för keramik, bad och dusch.

Sanitec har sammanlagt 27 fabriker i Europa och sysselsätter ungefär 8 000 personer inom produktion och försäljning. Koncernen är geografiskt uppdelad på sex försäljnings- och marknadsområden över Europa: Benelux, Centraleuropa, Nordeuropa, Sydeuropa, UK & Irland, Östra Europa samt Östra Centraleuropa (se figur 5). IDO hör till det nordeuropeiska marknadsområdet och Sanitecs huvudkontor befinner sig i Helsingfors. (Sanitec Corporation, 2010).



Figur 5. Sanitecs marknadsområden och deras utbredning i Europa (IDO Group, 2010).

2.3 Ekenäs-fabriken förr och idag

Det svenska företaget Rörstrand-Gustavsberg AB startade på 1870-talet en husgeråds- och prydnadsporslinsfabrik i stadsdelen Arabia, Helsingfors. Några år senare startades tillverkning av sanitetsporslin i fabriken som den första i Norden och började säljas under namnet Arabia. Efterfrågan på sanitetsporslin växte snabbt under början av 1900-talet och Arabia-fabriken blev otillräcklig. En industritomt invid Pojoviken i Ekenäs köptes och den nya fabriken stod klar år 1969. Samtidigt grundades ett nytt företag för fabriken och fick namnet Oy Wärtsilä Ab, Tammisaaren Posliini på svenska Ekenäs Porslin. Tillverkningen tog fart och bestod i detta skede fortfarande av traditionell manuell tillverkning. Under 1970-talet startade exporten av sanitetsporslinet.

På sanitetsprodukterna var varumärket Arabia tryckt ända fram till år 1992 när företaget döptes om till IDO Badrum Oy Ab. Under 2000-talet övergick tillverkningen från det manuella handgjuteriet till en ny modern produktionsteknologi, nämligen högtrycksgjutning. Efter detta skede förnyades produktionen markant och övergick till en helt ny automatiseringsgrad. Under tio år förändrades fabriken från att bestå av 95 % manuell produktion till dagsläget med 80 % automatiserad produktion. Det är en av de mest moderna teknikerna i världen inom sanitetsteknik som används i Ekenäs. Detta märks inte minst på det sjunkande antalet fabriksarbetare som år 2009 var 80 personer färre än år 2001.

Idag har fabriken kapacitet att tillverka ungefär en miljon keramiska produkter per år. Huvudprodukten är wc-stolar och tvättställ men här tillverkas även urinoarer, bidéer, tvättställspelare och badrumsutrustning. (IDO Group, 2010).

2.4 Kvalitetspolicy och kvalitetscertifikat

IDO vill att deras produkter och service har den högsta kvaliteten på marknaden och strävar ständigt efter det. Med en långt automatiserad produktion är kvaliteten väldigt jämn och samtliga pjäser kvalitetsgranskas innan de packas. När en pjäs visar sig ha någon felaktighet utreds om den går att reparera genom t.ex. lappning och ombränning eller om pjäsen klassas som skrot. Dagligen hålls kvalitetsmöten där representanter från olika avdelningar samlas för att granska och diskutera produktionsfel som uppstått sedan senaste möte. Under mötet skall en kortsiktig lösning på problemet hittas och inom en snar framtid även en långsiktig lösning. IDO:s tillverkningsprocess blev tilldelad kvalitetscertifikatet ISO 9001 år 1992. Alla IDO:s produkter tillverkade i porslin har 10 års garanti för fabrikationsfel.

2.5 Miljöaspekter och miljöcertifikat

Företaget tar hänsyn till miljön både med tanke på produktionsprocessens utformning och på produkternas funktionalitet. Vad beträffar produktionen var IDO en av de 20 första finländska företagen som tilldelades miljöcertifikatet ISO 14001 år 1996. För några år sedan tog man i bruk en ny reningsanläggning som renar processens avloppsvatten så att det renade vattnet fyller miljökraven när det rinner ut från fabriken. Redan före det hade även fabriken gått över till den mer miljövänliga fjärrvärmen från de gammalmodiga värmepannorna.

Produkterna har ständigt utvecklats för att bli mer miljövänliga när det gäller allt från vilka ämnen används vid ytbehandlingen till wc-stolarnas snålspolning. IDO var först med 2,5/4 liters snålspolning och tack vare den tekniken kan hushållen minska sin vattenförbrukning kännbart. Som en jämförelse kan nämnas att med 1970-talets wc-modeller spolar en person

ner drygt 54 liter vatten per dygn, medan wc-modeller utvecklade efter 1996 förbrukar endast 17 liter per dygn. Det visar att de senare modellerna också i det långa loppet är ekonomiskt lönsammare för hushållen. (IDO, 2005)

2.6 Produktutvecklingsavdelningen vid IDO

På produktutvecklingsavdelningen vid IDO ansvarar man för produkternas utformning och det mekaniska så som spolningsmekanismer. Ansvarsområdet är främst omformning och förbättring av produkter som visar sig ha konstruktionsfel. I samarbete med systerbolaget Ifö i Sverige utvecklas nya produktserier.

Som produktutvecklingschef fungerar Ann-Charlott Nyberg och avdelningen har dessutom fem heltidsanställda samt en halvtidsanställd, som varannan vecka finns på kundtjänsten. För tillfället finns en anställd CAD- konstruktör, en CNC- maskinist, en projektledare samt två kappamakare (mars 2011). Till kappamakarnas uppgifter hör tillverkning av de nuvarande uttagningsstöden samt så kallade kappor. Kappor beskrivs lättast som formarnas formar som tillverkas när en ny produktserie skall börja tillverkas.

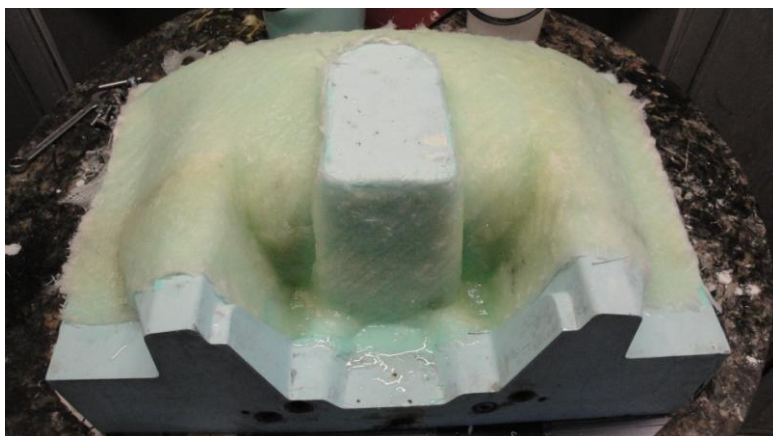
2.7 Examensarbetets styrgrupp

För att få regelbunden feedback från personalen på IDO och chans att diskutera frågor som uppstod bildades för detta examensarbete en styrgrupp. Det visade sig vara mycket värdefullt att ha dessa möten som reserverad tid till frågor, eftersom personalen annars har fullt upp med annat. Som handledare för detta examensarbete fungerar produktutvecklingschef Ann-Charlott Nyberg och konstruktör Johan Malmsten. I styrgruppen för mitt examensarbete ingår dessutom Roger Rosengård, projektledare på produktutvecklingen samt Leif Öhman från teknisk utveckling.

3. Avformningsstöd till tvättställ

3.1 Hur avformningsstöden tillverkas idag

Stöden lamineras idag för hand i produktutvecklingens verkstad, processen tar ungefär två arbetsdagar. Varje tvättställ kräver ett skräddarsytt stöd och därför har alla modeller ett eget formverktyg, som är en fräst form med exakt samma yta som tvättstället, en s.k. kapp. När ett nytt stöd tillverkas görs det på följande sätt: Formen vaxas så att plastmassan skall lossna när stödet är klart. Två-komponentig epoxiharts blandas med härdare, ett tunt lager stryks över formen och får sedan torka. Sedan bredds en tunn matta glasfiber över och får torka några timmar (se figur 6).



Figur 6. Ett stöd under tillverkning efter att ett lager harts och ett lager glasfiber har bretts över formen. (Egna bilder, 2010).

För stödets fastsättning i roboten behövs en skild metallkonstruktion som lamineras in i stödet. I metallverkstaden på IDO svetsas järnkonstruktionen och själva stödplattan har borrats och gängats med laser på ett metallföretag för att passa robotarmens fastsättning exakt. Aluminiumpulver blandas med harts till en jämn massa och ett lager bredds över stödet där järnet kommer att ligga. Järnet skruvas fast i färdiga gängor i kappan för att alltid ligga korrekt. Runt järnet läggs ännu ett lager aluminiummassa (se figur 7).



Figur 7. Ett stöd under tillverkning efter att aluminiumpulver och järnkonstruktionen fastsatts (Egna bilder, 2010).

I detta skede bredds ännu ett lager tjockare glasfiber ovanpå. När stödet torkat skärs det ut till rätt storlek och slutligen stryks ett sista lager harts över för att täcka baksidan på stödet. Stödet lösgörs sedan med hjälp av att kilar sätts mellan stödet och kappan och bryts sedan försiktigt lös från kappan. Stödet är nu färdigt för användning på produktionslinjen (se figur 8).



Figur 8. Ett färdig laminerat stöd. (Egna bilder, 2010).

3.2 Krav på materialvalet

- Bör vara formstabil
- Klara av påfrestningen av ett tvättställ som kan väga upp till 15 kg
- Bör vara hårt nog att borra och gänga
- Får inte absorbera eller på annat sätt påverkas av vatten

3.3 Krav och önskemål på konstruktionen

- Större stödyta än de nuvarande stöden
- Rätt lutningsvinkel mot robotarmen, dvs. 18°
- Direkt fastsättning i robotarmen, inga extra kilar som behövs i dagsläget för att ge stöden rätt vinkel
- Maskinstyrd borrning och gängning för hög måttnoggrannhet
- Måste rymmas på avställningsbänken
- Bör inte lämna märken i tvättstället
- Helst inte innebära mycket justering på avställningsbänken, eftersom det innebär omprogrammering av roboten

3.4 Materialundersökning

Under utvecklingsförloppet var flera olika material på förslag. Framst plastmaterial som går att fräsa, men även aluminium var på tal. Nedan anges några av de möjliga materialen med korta kommentarer:

- Polymetylmetakrylat förkortat PMMA är en porös akrylplast som är bekant för IDO eftersom formarna till de olika produkterna fräses i detta material. Fördelen med detta material är att man vet att produktutvecklingens CNC-fräs kan fräsa i detta material ifall det blir aktuellt i framtiden att tillverka stöden själv.

- SikaBlock är en syntetisk hårdplast bestående av polyuretan som tillverkas av företaget Sika Group. Av plaster har polyuretan ett mycket brett användningsområde och kan fås med hårdhet efter behov. Polyuretan är även samma material som stöden lamineras av idag.
- Aluminium är en lätt metall som skulle garantera formstabilitet. Nackdelarna är ett högre pris, mindre lättbearbetat jämfört med plast samt uteslutning av att IDO i framtiden kan fräsa dem själva. På grund av dessa nackdelar kommer aluminium inte att tas i beaktande i materialjämförelsen nedan.

3.5 Materialjämförelse

De två mest passande materialen, PMMA och polyuretan är båda polymerer, men kan delas in i två olika typer: Termoplaster under vilken PMMA faller och hårdplaster under vilken polyuretan faller. Termoplaster kan ytterligare delas in i två delgrupper: Termoplaster som baserar sig på amorfa polymerer samt termoplaster som baserar sig på delkristallina polymerer. PMMA hör till den tidigare. I följande tabell åskådliggörs en jämförelse mellan fysiska egenskaper hos polyuretan och polymetylmetakrylat. I tabellen kan man konstatera att materialen har väldigt lika egenskaper. Polyuretan har högre densitet, tryckhållfasthet, värmeformbeständighet och har även en något bättre slaghållfasthet. PMMA har en något högre elasticitetsmodul (E-modul eller Young's modul) vilket innebär att det är något styvare än polyuretan. I allmänhet har plaster lågt e-modulvärde jämfört med t.ex. metall som i och med sin styvhet har högt e-modulvärde. Gummi har ytterligare lägre e-modulvärde eftersom det är väldigt elastiskt. I detta fall innebär i princip att ju högre elasticitetsmodul, desto bättre.

3.5.1 Fysisk datajämförelse

		Polyuretan (SikaBlock M940)	Polymetylmetakrylat (PMMA)	
	Enhet	Värde	Värde	Standard
Densitet	g/cm ³	1,20	1,18	ISO 845
Tryckhållfasthet	MPa	98	83	ISO 178
Slaghållfasthet		Spröd	Dålig	
E-modul	MPa	2400	2900	ISO 604
Värmeformbeständighet	°C	95	65	ISO 75 B

(Brennert, 1993, s 405-411; Sika Product Data Sheet, 2010)

3.5.2 Amorfa termoplaster

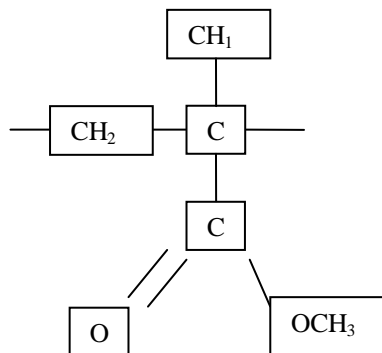
Termoplaster som är baserade på amorfa polymerer är utmärkande för sitt glasartade tillstånd. Detta förklarar varför PMMA är mer känt i vardagligt tal som plexiglas. Den kemiska strukturen på olika amorfa polymeren påverkar främst kedjerörligheten och polariteten. För PMMA innebär den kemiska strukturen liten kedjerörlighet på grund av att atomerna är tätt packade. Den kemiska strukturen avslöjar också att PMMA är en polär polymer, eftersom strukturen utgår från en punkt istället för en lång kedja. Polära polymerer som denna ger en högre smältpunkt jämfört med opolära polymerer. För alla amorfa polymerer kan dessa för- och nackdelar ges:

Fördelar:

- Styvhet
- Styrka
- Låg formkrympning

Nackdelar:

- Kemikaliekänslighet
- Sprickkänslighet



Figur 9. Kemisk struktur för PMMA (Brennert, 1993, sid 406).

3.5.3 Härdplaster

Härdplasterna så som polyuretan är uppbyggda på tvärbundna kedjemolekyler, vilket innebär att de inte kan omformas med värme. Tvärbildningen sker i slutet av polymerisationen eller när härdare har tillsatts. Formningen skall därför ske samtidigt som härdningen. I SikaBlocken har härdmedlet Biresin tillsatts. Nackdelen med den höga tvärbildningen är att härdplasten är spröd och slagkänslig, detta kan dock förbättras med tillsats av fyllmedel t.ex. cellulosa eller armeringsmedel så som glasfiber. Polyuretan är opolärt vilket den kemiska strukturen avslöjar, detta betyder att den har en något lägre smältpunkt. Vid uppvärmning ökar kedjerörligheten vilket i sin tur gör att materialet mjuknar. Detta innebär att styvheten minskar vid högre temperaturer. I avformningsstödens användningsområde kommer upphettning dock inte att ske i så pass hög grad att det skulle påverka. Härdplasternas för- och nackdelar är följande:

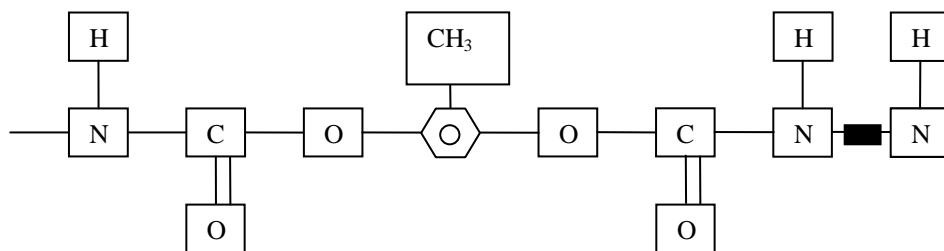
Fördelar

- Hårdhet
- Styvhet
- Temperaturoberoende mekaniska egenskaper (upp till max användningstemp.)

Nackdelar

- Spröd (utan armering)

(Brennert, 1993, s 405-411; Sika Product Data Sheet, 2010).



Figur 10. Kemisk struktur för polyuretan. (Brennert, 1993, sid 410).

3.6 Tryckfasthetsberäkning

När tvättstället kommer att luta på avformningsstödet uppstår en tryckkraft mot stödytan. Kraften kommer att fördelas relativt jämnt över ytan, men på grund av både tvättställets och stödets komplicerade form är det svårt att uppskatta var belastningen kommer att vara störst. Bästa sättet att ta reda på vilka områden som utsätts för störst belastning är med hjälp av CAD-verktyg. Tyvärr har produktutvecklingen vid IDO inte tillgång till modulen som innehåller hållfasthetsberäkningar i Creo Elements/Pro. Därför var det inte möjligt att utföra exakta tryckfasthetsberäkningar på stödet. En uppskattning kan dock göras med hjälp av enkla formler från hållfasthetsläran.

När robotarmen lyfter tvättstället ur tryckgjutsformen till avställningsbänken kommer tvättställets hela tyngd att vila på stödet. Roboten ställer sedan ner tvättstället och dess form på avställningsbänken. När tvättstället står på avställningsbänken lutas det endast mot stödet, men står på sin egen fot. När tvättstället flyttas vidare från avställningsbänken till torkvagnen kommer tvättställets hela tyngd vila på stödet igen. Den maximala påfrestningen för stödets horisontella ytor sker när tvättstället står vertikalt, då tryckkraften kommer att vara vertikal med tyngdkraften. I och med att tvättstället lutar i varierande vinkel när det förflyttas kommer den maximala påfrestningen bara att ske vid korta tillfällen.

Kraften som de horisontella ytorna utsätts för beräknas med hjälp av följande formler:

$$F = m \cdot g$$

när massan, m på tvättstället är max 15 kg, så får vi kraften F :

$$F = 15\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 147,15\text{N}$$

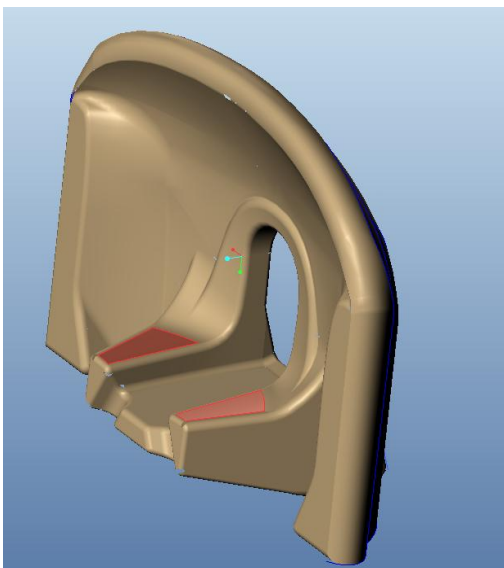
Spänningslagen är lämplig för både tryck och dragningshållfasthet och lyder som följer:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

där Areal A är summan av de två horisontella ytorna på stödet vilka tillsammans är $6876,94\text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{147,15\text{N}}{6876,94\text{ mm}^2} = 0,021\text{N/mm}^2$$

Med detta kan man konstatera att trycket på själva stödytan inte kommer att vara stort eftersom kraften är så pass liten för arean. Materialet SikaBlock M940 har enligt de fysiska specifikationerna en max tryckfasthet på 98 MPa, vilket motsvarar 98 N/mm². Det borde alltså inte finnas någon risk att materialet inte klarar av tvättställets tyngd.

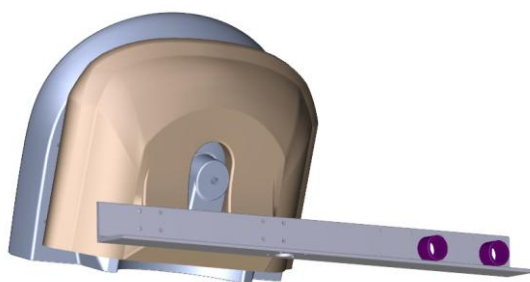


Figur 11. Området som tryckhållfastheten beräknats för (Skärmdump från Creo Elements/Pro, 2010).

Ett annat kritiskt område är stödets fastsättning i robotarmen, d.v.s. belastningen på de fyra bultarna på baksidan av stödet. Högsta påfrestningen kommer att äga rum när roboten

lyfter tvättstället från tryckgjutsformen till avställningsbänken, tvättstället kommer sedan att stå av sig självt på bänken och endast luta mot stödet.

I figur 12 beskrivs situationen när robotarmen lyfter stöd med tvättfat. Bultarna kommer att fastsättas i de två innersta paren hål på robotarmen. Högst påfrestning kommer att vara på bultarna, området ovanför hålen på stödet och på robotarmen. Materialet borde hålla påfrestningen men det återstår att testa det slutliga stödet under rätta omständigheter för att veta säkert.



Figur 12. Ett tvättfat och stödets baksida med robotarm
(Skärmdump från Creo Elements/Pro, 2011).

7. Produktmodellering

7.1 Creo Elements/Pro

Produktutvecklingsavdelningen på IDO använder sig av CAD/CAM/CAE-programvaran Creo Elements/Pro som levereras av det amerikanska företaget Parametric Technology Corporation (PTC), vilket även levererar bland andra MathCad. Creo Elements/Pro var banbrytande på marknaden när det lanserades år 1988, då under namnet Pro/ENGINEER, som den första solidmodelleringsprogramvaran som arbetar parametriskt och associativt. Det innebär att varje modell är kopplad till en ”detalj- databas” på så sätt att när en ritning konstrueras utgår den alltid ifrån denna databas. I praktiken betyder det att man kan ändra detaljer (parts) under hela modelleringsprocessen utan att behöva ändra efterföljande objekt, eftersom alla kopplade ritningar (drawings), montage (assemblies) och stycklistor (bill of materials) uppdateras automatiskt. Creo Elements/Pro har en enorm funktionalitet

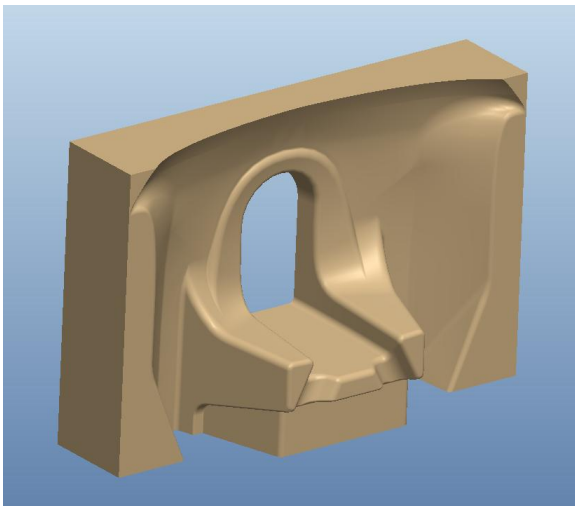
och är väldigt associativt mellan olika CAD-, CAM- och CAE-moduler. Däremot har programvaran tyvärr ett rykte av att vara komplext och svårt att lära sig.

I oktober 2010 blev det tidigare Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 eller Pro/E omdöpt till Creo Elements/Pro och figurerar nu endast under detta namn. Anledningen till namnbytet var att få ett enhetligt ”familjenamn” för CAD/CAM-programvaror från PTC. (Forsman, 2004; PTC, 2010).

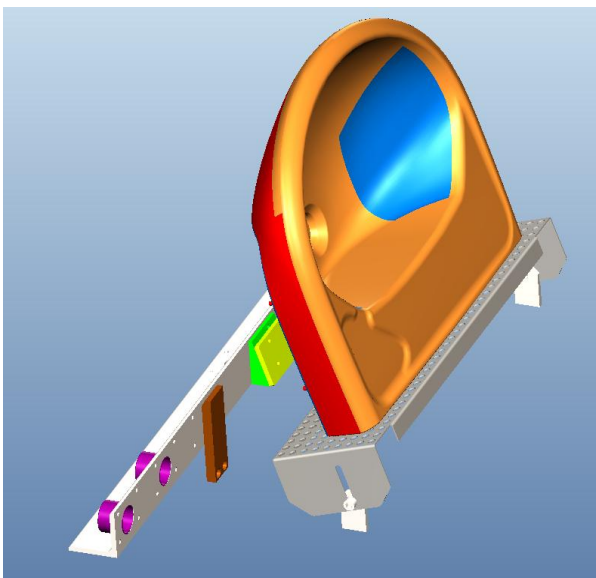
7.2 CAD- modelleringens utgångsläge

Under modelleringen av stödet hade jag tillgång till en del 3D-modeller samt de nuvarande fysiska stöden. Som CAD-modell fanns att tillgå tvättställets 3D-modell samt en avformningskappa som används vid tillverkningen av stöden idag (se figur 13). Avformningsverktyget är ett negativ av baksidan på tvättstället och dess ytor kunde kopieras för att få exakt passform, vilket är synnerligen viktigt eftersom det mjuka tvättstället tar form av stödet. Minsta utbuktning eller skarv kan lämna märken i tvättstället som sedan måste åtgärdas för hand eller i värsta fall gjutas om.

Jag kunde även med hjälp av tvättställets 3D-modell kopiera tvättställets övre ytor för att skapa en större stödyta. Dessa två ytor fungerar som stödets främre ytor och var mitt utgångsläge för resten av modelleringen, vilket var att ge stödet en smidig form med fästen på baksidan som skulle ge stödet rätt lutning och gängade hål på rätt avstånd. Jag hade även ett montage att tillgå med alla delar av avställningsbänken dvs. själva bänken, robotarmen och lutningsvinklarna som det nuvarande stödet fästs i för att ge stödet och tvättstället rätt lutning (se figur 14). Tillsammans med tvättstället gav detta ett montage där bara stödet fattades och gav därför goda förutsättningar till att kunna testa stödet innan det tillverkas.



Figur 13. Avformningskappa som fanns att tillgå (Skärmdump från Creo Elements/Pro, 2010).



Figur 14. Montage av produktionslinjen som fanns att tillgå (Skärmdump från Creo Elements/Pro, 2010).

7.3 Modellering enligt materialval

Beslutet gjordes om att fräsa det första stödet i SikaBlock M940, ett av de hårdaste blocken och således det mest resistent mot absorbering och mest formfasta. Efter detta beslut kunde jag bättre veta hur tjock modellen behövde vara för att vara formstabil men samtidigt inte slösa på material. Efter modellering av baksidan kunde jag konstatera att

stödet tunnaste vägg var 38 mm tjock vilket borde vara tillräckligt enligt rekommendationer på minst 15 mm av Leif Öhman på tekniska avdelningen.

Det är samtidigt viktigt att stödet inte är onödigt tungt och klumpigt eftersom det innebär ytterligare belastning på fastsättningspunkterna. Vi strävar efter att stöden skall kunna borras och gängas för fastsättning direkt i robotarmen, eftersom det vore det mest tidssparande. Det är osäkert om fastsättning direkt i stödet kommer att vara möjligt med hårdplast p.g.a. risken för sprickor i materialet. Ifall av tecken på att förstärkning behövs kan någon typ av gänginsats i metall tillsättas i hålen som förstärkning vid fastsättningspunkterna. Detta återstår att pröva när modellen har blivit tillverkad.

7.4 Ytmodellering

Ytmodellering innebär att man bygger upp kurvor mellan vilka man formar ytor som tillsammans bildar ”skalet” för den ihåliga detaljen. När rätt form uppnåtts kan detaljens ytor bindas samman. Ifall inga glapp eller andra felaktigheter finns i modellen kan den göras till en kompakt solid. När modellen är en kompakt solid kan man ge modellen rundningar lättare.

Creo Elements/Pro är ett mångsidigt verktyg när man bygger upp en detalj med hjälp av ytmodellering och eftersom största delen av CAD-modelleringen på produktutvecklingsavdelningen är denna typ av modellering har det blivit avgörande vid val av programvara. Eftersom ytmodellering var helt nytt för mig gick de första veckorna mest till att lära sig hantera Creo Elements/Pros verktyg och lära sig att forma symmetriska och funktionella ytor. När ytorna byggs upp blir det lätt att många ytor hänger ihop eftersom referenserna för en yta kan tas från kanten på en annan. Detta innebär att om man inte bygger upp ytorna oberoende av varandra eller i rätt ordning kommer många ytor att tappa sina referenser och försvinna om man ändrar en annan sammankopplad yta. Det i sin tur innebar att det ofta tog mer tid än beräknat att göra en ”liten ändring”.

För att tillverka stöden så enkelt och förmånligt som möjligt undersöktes om det var möjligt att göra baksidan på stödet helt rak. På så sätt skulle det inte behövas två uppspänningar av fräsfirman och det enda som behövde åtgärdas på baksidan var att borra

och gänga de fyra fästhålerna. Efter modellering och testning i montaget visade det sig att stödet blir för brett nertill, vilket i sin tur innebär att det inte skulle få plats på avställningsbänken. Bänken kan visserligen justeras några millimeter, men det är att sträva efter att det inte skall behöva göras på alla. Stora justeringar innebär också i värsta fall att robotprogrammet måste programmeras om. Därför valdes alternativet att stödet fräses på båda sidorna, vilket också ger mindre vikt på stödet.

8. Rapid Prototyping

Det blir allt viktigare för produktutvecklare att kunna bedöma sin design innan den nya produkten tillverkas. Rapid prototyping innebär att man på några timmar kan tillverka en fysisk 3D-modell av en detalj konstruerad i ett CAD-program. Man vill kunna se och känna på produkten antingen i verklig storlek eller i mindre skala. Rapid prototyping är speciellt värdefullt för att förutse problem i designen som kan åtgärdas innan produkten skickas iväg för serietillverkning. Idag startas allt mer företag som tillverkar prototyper och under detta examensarbete kunde det konstateras att det finns marknad för fler i Finland, eftersom de företag jag hade kontakt med var relativt fullbokade och leveranstiden blev lång.

Man kan dela in de fysiska modellerna i fyra olika typer:

1. *Konceptdemonstrerande modeller* (Proof-of-concept) är modeller som tillverkas för att fungera som ett ”utkast”, enkom för att demonstrera den grundläggande designen.
2. *Skalmodeller* (Scale model) är modeller som är förstörade eller förminskade och tillverkas för att demonstrera formen och visuellt kunna bedöma utseendet på modellen.
3. *Experimentella modeller* är funktionella modeller som inte nödvändigtvis behöver ha den slutliga designen. Det väsentliga är att modellen kommer att användas för omfattande testning för att säkerställa att modellen fyller kraven på prestanda.
4. *Prototyper* är fullskaliga kopior tillverkade i rätt material med slutgiltig design. Prototyper används när det visuella slutresultatet är viktigt eller när testningen förutsätter både rätt design och material.

Det finns allt fler metoder till rapid prototyping och området går oerhört snabbt framåt. I detta arbete ligger fokus på tre olika metoder: 3D-printning, Stereolitografi (SLA) och Fused Deposition Modeling (FDM). För alla metoder är händelseförloppet indelat på dessa steg:

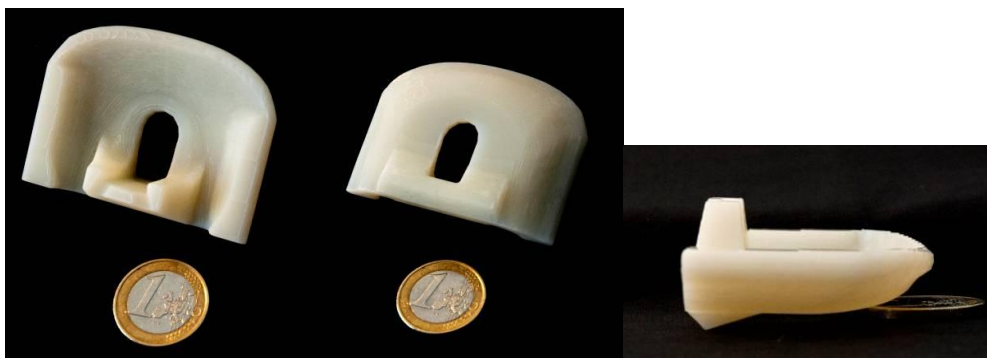
- a) Modellen konstrueras i ett CAD-program så som Alibre, AutoCad, SolidWorks IDEAS, Inventor eller Creo Elements/Pro.
- b) Modellen konverteras till .STL- format, vilket är ett format som är förståeligt för rapid prototyping-programvaran. Formatet .STL utvecklades ursprungligen för stereolitografimetoden men har nu blivit ett standardformat för rapid prototyping. I praktiken bildas modellens ungefärliga ytor med hjälp av en serie trianglar. I de flesta programvaror konverterar man enkelt till rätt format genom ”Spara som”-funktionen.
- c) Eventuella stödkonstruktioner läggs till modellen. Ifall modellen har en sådan form att den riskerar att välta under något skede av tillverkningsprocessen bör man lägga till tunna stödkonstruktioner som efter tillveknigen är lätta att bearbeta loss.
- d) Modellen delas in i lager. De lager som modellen kommer att byggas upp av skapas av programvaran och kan betraktas i programmet.
- e) Modellen tillverkas. Informationen skickas till rapid prototyping-maskinen som tillverkar modellen lager för lager från botten till toppen där alla lager är lika tjocka.

8.1 3D-Printning

Det finns flera olika modeller av 3D-printers. En del fungerar med hjälp av tunna plastskikt och andra av plast i form av pulver. Printrar som fungerar med pulver fungerar på så sätt att ett lim appliceras efter varje skikt så att endast det som hör till modellen limmas ihop, det resterande förblir i pulverform. Detta överloppspulver kan borstas bort och sedan återanvändas i printern igen.

Yrkehögskolan Novias 3D-printer är av typen Solido SD300 och laddas med en rulle PVC-plastfilm som appliceras lager för lager och skärs av. Varje lager är 0,168 mm tjockt och printern har en noggrannhet på +/- 0,1 mm. En modell kan ha de maximala dimensionerna på 160 x 210 x 135 mm, men kommer då att ta relativt länge att printa. Modellen byggs upp genom att maskinen applicerar ett anti-lim mellan varje lager på de områden som inte hör till modellen samt genom att varje lager skärs ut med printerns skrivhuvud. Modellens lager limmas automatiskt ihop medan den resterande plasten kan dras bort för hand när modellen är färdig, tack vare anti-limmet.

Under kursen produktmodelleringsprojekt fick vi möjligheten att printa en modell i 3D. Jag valde att printa en förminskad modell av uttagningsstödet jag konstruerat. Med tanke på de olika modelltyperna blev det en s.k. skalmodell, i skala 1:10 och dess funktion är enbart att demonstrera designen på stödet. Det tog 3h 45 minuter att printa modellen som bestod av ungefär 130 lager plastfilm. Resultatet blev lyckat och kom bl.a. till användning under examensarbetets styrgruppsmöten (se figur 15).

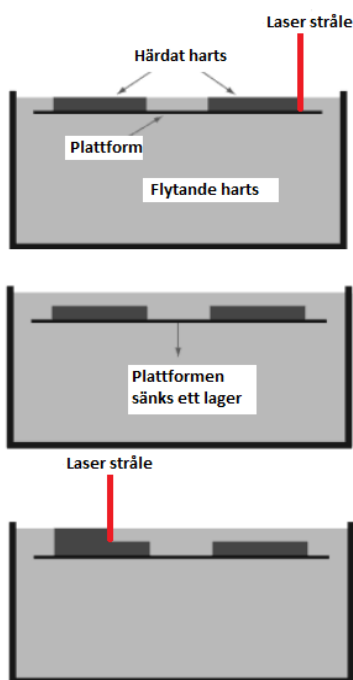


Figur 15. Fotografier av stödet från tre håll, printat i 3D printer (Egna bilder, 2011).

8.2 Stereolitografi

Stereolitografi- eller SLA-metoden fungerar så att en plattform sänks ner i en behållare fylld med flytande harts. Plattformen fungerar som bottenytan för modellen och placeras strax under hartsets yta. En UV-laserstråle ritar sedan ut området som tillhör modellen vilket gör att detta område härdar omedelbart och det stelade området bildar det första solida lagret. Plattformen sänks sedan ner i hartset, ett lagrets tjocklek, så att mer flytande harts kan flöda över det första lagret och laserstålen kan utforma nästa lager. Proceduren

upprepas sedan tills det översta lagret är klart och plattformen lyfter då upp den solida modellen ur vätskan. Händelseförloppet illustreras i figuren nedan.



Figur 16. Stereolitografi i tre steg (Ogot & Kremer, 2004, sid 270).

8.3 Fused Deposition Modeling

Fused Deposition Modeling eller FDM-metodens funktion kan jämföras med en värmelimpistol. Printern laddas med en lång plaststång som värms upp till flytande form och matas ut av en spole. Printerhuvudet ritas sedan ut det första lagret med plast som genast stelnar. Liksom i de andra metoderna sänks plattformen sedan ner så att nästa lager kan bildas. Denna metod skapar modellen direkt ”i luften” så att säga, vilket innebär att modellen måste vara placerad så att den står stabilt vart efter att varje lager bildas och inte välter omkull p.g.a. obalans. Vältning kan också undvikas genom att stöd byggs in i modellen som sedan bearbetas bort, vilket nämndes i det grundläggande händelseförloppet. När alla lager skapats är modellen färdig för den sista handbearbetningen vilket kan innefatta ytbehandling, slipning eller målning. (Ogot & Kremer, 2004, sid 265-271).

8.4 CAD-, CAM- och CNC-interaktion

När detaljen har konstruerats i ett CAD-program kan man med hjälp av CAM-program planera hur detaljen kommer att tillverkas med CNC-teknik. Det planerade programmet innehåller bl.a. information om detaljens konturer och dimensioner, råämnets dimensioner, fräsverktygens art och dimension, fräshastighet samt de olika sekvensernas ordningsföljd. I CAM kan man även simulera hur tillverkningsförloppet kommer att fortgå, d.v.s. se en animation över hur fräsen kommer att agera utgående från hur man byggt upp programmet. I dagens moderna CAM-program kan man lägga upp detta tillverkningsförlopp i ett interaktivt användargränssnitt. När önskat tillverkningsförlopp har uppnåtts och simuleringen ger lyckat resultat måste programmet konverteras till ett språk som CNC-maskinen förstår. En så kallad post processor omvandlar CAM-språket till NC-kommandon, vilket är de koder som CNC-maskinen styrs utifrån. I vardagligt tal kallas dessa G- och M-koder, där G-koderna styr bearbetningen dvs. frässpindelns rörelser och M-koderna styr själva maskinen.

Nedan följer ett exempel på NC-kommandon med beskrivning för varje steg. Materialet placeras så att spindeln är placerad i höjdlid ovanför materialet när Z är 1 och fräser när Z är 0,5. Så här skulle det se ut om man vill fräsa ut ett spår i form av en kvadrat:

G90 *Absoluta koordinater valda*

M03 *Spindelstart (medurs)*

G00 Z1 *Snabbmatning, sätter spindelns Z- position till 1 d.v.s. borren kommer inte i kontakt med materialet*

G00 X0 Y0 *Snabbmatning, sätter spindeln i origo*

G00 X2 Y2 *Snabbmatning, sätter spindelns i punkt (2,2)*

G00 Z0.5 *Snabbmatning, sätter spindelns Z- position till 0,5 d.v.s. borren kommer i kontakt med materialet*

G01 X6 Y2 *Linjär matning (långsam), spindeln fräser en linje till punkten (6,2)*

G01 X6 Y6 *Linjär matning (långsam), spindeln fräser en linje till punkten (6,6)*

G01 X2 Y6 *Linjär matning (långsam), spindeln fräser en linje till punkten (2,6)*

G01 X2 Y2 *Linjär matning (långsam), spindeln fräser en linje till utgångspunkten (2,2)*

G00 Z1 *Snabbmatning, sätter spindelns Z- position till 1 d.v.s. borren kommer inte i kontakt med materialet*

G00 X0 Y0 *Snabbmatning, sätter spindeln i origo*

M05 *Spindelstopp*

M30 *Program slut*

(Smid, 2003, 49-54)

8.5 Från CAD-modell till färdigt arbetsstycke

Här är en kort beskrivning av arbetsförloppet från CAD-modell till arbetsstycke enligt mina egna erfarenheter med CAM-programmet EdgeCAM. I praktiken går det till så att man konstruerar detaljen i CAD-programvara t.ex. AutoCAD, Inventor eller Creo Elements/Pro. När den anses vara färdig hämtas detaljen in i CAM-programmet. En del programvaror har integrerade CAD/CAM-funktioner, så som Creo Elements/Pro, vilket betyder att detaljen kan öppnas direkt i CAM-modulen. EdgeCAM kan direkt öppna AutoDesk- filer medan PTC-filer behöver exporteras till ett annat format, t.ex. stp-format, för att öppnas i EdgeCAM.

Det viktigaste när man börjar är att man har origo (nollpunkten) på rätt ställe. Från denna punkt kalkylerar programmet alla frässpindelns rörelser på arbetsstycket. Följande steg är att importera eller skapa ett ämne, detta är i praktiken det block av råmaterial man kommer att fräsa ur. Till näst skall de olika konturerna i detaljen hittas, en del konturer kan programmet hitta med hjälp av dess verktyg, medan andra måste väljas manuellt. I stort sett är detaljen nu färdig att börja förberedas för tillverkningskedet. Först planeras grovbearbetningens egenskaper vilket innebär val av skärverktyg, matningshastighet, rotationshastighet, höjder, djup, verktygsbanan mm. Flera grovvarbetningssekvenser kan behövas, men när formen i stort sett är klar följer finbearbetningen. Finbearbetningen

planeras på samma sätt, men skärverktyget bör bl.a. ha en mindre diameter. När grov- och finbearbetningen har planerats simulerar man resultatet av det planerade programmet. I simuleringen kan man se exakt i vilken ordning de olika bearbetningsfaserna kommer att gå och vilka problem som kan uppstå.

När man uppnått lyckat resultat med simuleringen kan man med hjälp av en post processor konvertera instruktionerna man byggt upp i CAM till CNC-maskinens NC-kommandon. Som resultat får man en textfil innehållande G- och M-koder som ger direktiv till CNC-maskinen. Denna textfil kan sedan öppnas i CNC-maskinens styrprogram som finns installerat på en dator kopplad till maskinen. I det här skedet skall själva maskinen förberedas genom att verktyget, med den angivna diametern, fastsätts samt blocket man vill bearbeta. Sedan anges nollpunkten så att blocket justeras så att maskinens spindel är placerad över nollpunkten man angivit. Man styr nu maskinen via styrprogrammet där man ytterligare en gång kan simulera programmet för att se att allt är som det ska. Programmet och maskinen startas i styrprogrammet och kan stoppas i nödfall, annars kommer maskinen att fullfölja programmet tills verktyg måste bytas. (Smid, 2003, 32-52)

9. Tillverkning av avformningsstöd

Min uppgift var att undersöka möjligheten att fräsa stöden hos utomstående eller med produktutvecklingens egen fräs. Eftersom den egna CNC-fräsen är begränsad till att fräsa porösare material och även personalresurserna är begränsade, prioriterades lösningen att anlita en utomstående fräsfirma. Även produktutvecklingen är i behov av fler kontakter till fräsfirmor för framtida behov. Jag kontaktade i ett tidigt skede en gammal bekant som fungerar som produktionschef på Scan Mould Ab Oy, en CNC-fräsfirma i Pedersöre. De hjälpte till att hitta ett lämpligt material genom att vidarebefordra vårt ärende till Meca-Trade, ett företag som förmedlar råmaterial till främst gjuterier och stålindustrin. Från Meca-Trade fick vi provbitar på SikaBlock i olika hårdhet och kunde därifrån välja vilket som var lämpligt. SikaBlock M940 motsvarade våra krav och vi bestämde oss för att tillverka stödet i detta material. Efter diskussioner med andra fräsfirmor kom det fram att RenShape BM5172 är ett motsvarande material till SikaBlock. RenShape är förmånligare och mer vanligt bland fräsfirmor i Österbotten och därför lättare att få tag på. Därför föll

valet i ett sent skede på att tillverka stöden i RenShape istället eftersom dess fysiska egenskaper är desamma som SikaBlock.

9.1 Offertförfrågningar

När modellen var färdig konstruerad och materialet valt var det dags att samla offerter. Att hitta potentiella fräsfirmor visade sig vara en större utmaning än vi tänkt. En del var fullbokade för månader framöver medan andra inte hade maskiner som klarade av att fräsa stöden. Nedan följer en lista över företag jag var i kontakt med och till vilka offertförfrågan skickades.

- ScanMould Ab Oy (Pedersöre)
- Kärkimalli Oy (Jakobstad)
- MalliApu Oy (Högfors)
- Ab Ferromek Oy (Kronoby)
- Trikatex Mould Oy Ab (Karleby)
- Ab A-H Wood Oy (Larsmo)

Under ett styrgruppsmöte kunde vi jämföra tre olika offerter som kommit in. Det företag som kunde uppfylla våra krav och ge den mest förmånliga offerten var Trikatex Mould Oy Ab. I mitten på mars blev det klart att beställning på tillverkning skulle skickas till Trikatex Mould Oy Ab. I offerten gavs en leveranstid på ca 6 veckor, vilket betyder att leveransen av det frästa stödet kommer att vara i mitten/slutet på april. Det är efter att detta arbete bör vara inlämnat, därför kan jag tyvärr inte dokumentera slutliga kostnader och testning av stödet.

9.2 Trikatex Mould Oy Ab

Företaget startades år 1990 i Karleby och specialiserar sig på fullständiga båtkapellösningar till båtindustrin. Produkterna som tillverkas är stativ, presenningar, bojar och andra specialprodukter i PVC-vävplast. Till produkterna hör även kapelldörrar och sidolemmar i aluminium samt en del reparationsarbeten. Tillskärningstjänster erbjuds också i både tyg, plast och glasfiber.

Nyligen började företaget erbjuda fräsningstjänster med en 5-axlad portalfräsmaskin. Fastsättningen av arbetsstycket görs med en vacuumsug och detaljen kan ha dimensioner på upp till 11 x 4 x 1,8 m. Material som kan bearbetas är allt från polystyren (känt i talspråk som styrox) till aluminium. IDO är i behov av att hitta fräskontakter i Finland som är villiga att fräsa i polystyren varför Trikatex Oy Ab kommer väl till pass. Företaget har 12 anställda (2010) och deras kunder finns främst i de skandinaviska länderna. (Trikatex Mould, 2010)



Figur 17. Portalfräsmaskinen vid Trikatex (Trikatex Mould, 2010).

10. Kostnadsberäkning

Eftersom jag i detta arbete inte har möjlighet att dokumentera de slutliga kostnaderna, p.g.a. leveranstiden på stödet, kan jag enbart uppskatta kostnaderna. Enligt offerter som mottagits kan de ungefärliga kostnaderna för stödets tillverkning beräknas som följande:

Arbetskostnader, fräsning enligt ritning	1 200 €	(0 % moms)
Material, SikaBlock M940	650 €	(0 % moms)
Transport	25 €	(0 % moms)
Sammanlagt	1 880 €	

Budgeten för uppdraget var relativt flexibel. Som maximal totalkostnad gavs 5 000 €, vilket alla tre offerter höll sig inom. Däremot var en offert mycket nära smärtgränsen med ett pris som var mer än två gånger så högt som den mest förmånliga offerten.

11. Kritisk granskning och diskussion

Målet med detta uppdrag var att ett 3D-stöd skulle konstrueras och helst både tillverkas och testas inom tidsramen för mitt examensarbete. När detaljen var färdig konstruerad i slutet av januari och offertförfrågning skickad var förhoppningarna ännu höga att detta skulle förverkligas. När vi insåg att det första företaget inte hade möjlighet att fräsa stödet inom utsatt tid eller budget blev jag tvungen att vända mig till andra företag. Överlag gick processen långsamt eftersom de firmor jag kontaktade redan hade tillräckligt med beställningar. Dessutom ses ett uppdrag i så här liten utsträckning nästan som om det ”inte vore värt besväret”.

De flesta företag jag var i kontakt med var verksamma i Österbotten där båtindustrin är en stor kund som ofta har avtal med fräsföretagen för att deras beställningar skall prioriteras.

Fördelen var att företagen i ganska stor utsträckning samarbetar och gärna tipsar om andra företag om de inte själv har möjlighet att tillverka detaljen. På detta sätt hittade jag till slut ett företag som beställning skickades till.

I efterhand kan jag konstatera att det skulle ha varit bäst att undersöka noggrant vilka CNC-fräsföretag det finns i Finland och skicka offertförfrågan till alla i ett tidigt skede. P.g.a. att jag i början väntade på besked från varje företag innan jag sökte upp och kontaktade ett annat företag gick mycket tid i spillo. Jag lärde mig också att det lönar sig att regelbundet ta kontakt per telefon om företaget inte hör av sig.

Angående konstruktionen på stödet uppfyllde den alla förhandskrav. En slutgiltig ritning kan åskådliggöras som bilaga. Stödet är större än de nuvarande, det har rätt lutningsvinkel och kan monteras direkt på robotarmen. Det konstruerades också enligt ett montage över produktionslinjen varför inga stora ändringar är nödvändiga på avställningsbänken. Detta förutsätter förstås att montaget överensstämmer med verkligheten. Hålen kommer att borraras med CNC-fräsen, vilket bör ge hög måttnoggrannhet. Huruvida materialet är tillräckligt hårt för direkt fastsättning utan gänginsats återstår för IDO att pröva. För att undvika märken i tvättstället rundades alla kanter som kommer att ligga mot tvättstället. Om stödet gör märken i tvättstället eller inte kan man inte säkert veta före testning eftersom det är svårt att förutse hur våt keramik beter sig.

Materialet som valdes kommer förhoppningsvis att motsvara kraven, det kritiska området omkring fastsättningen kan vid behov förstärkas. Fördelen med RenShape/ SikaBlock är att många hårdheter finns att tillgå ifall den valda varianten inte är optimal. Mitt stöd kommer att fungera som en första prototyp och är startläget för CAD/CAM-tillverkning av stödet.

Förhoppningsvis kommer IDO att kunna utöka sina leverantörer av fräsuppdrag med de företag jag kontaktat. Visar det sig att tillverkning av uttagningsstöd med hjälp av CAD/CAM-metoder är ett lyckat och tidssparande koncept kommer alla tvättställsmodeller att behöva ett skräddarsytt stöd. I praktiken innebär det idag minst tio uttagningsstöd och för varje ny tvättställsmodell behövs ett nytt uttagningsstöd. Det kommer alltså att bli ännu viktigare med en pålitlig och relativt snabb leverantör av frästjänster.

12. Ordförklaringar

CAD - Engelsk förkortning för *Computer Aided Design* och innebär datorstödd konstruktion.

CAM - Engelsk förkortning för *Computer Aided Manufacturing* och innebär datorstödd tillverkning.

CAE - Engelsk förkortning för *Computer Aided Engineering* och innebär att man vid både konstruktion och tillverkning använder sig av integrerade datasystem.

CNC – Engelsk förkortning av *Computerized Numerical Control* och innebär datorstyrd eller numeriskt styrd maskin som med hjälp av verktyg kan bearbeta olika material.

Polymerisation – den kemiska reaktionen när små molekyler sammankopplas till mycket större kedjemolekyler.

(Nationalencyklopedin, 2010)

Källor

- Bernhardsson, Arne & Olsson, Fredy. (1994). *Hållfasthetslära för teknologi och konstruktion*. Första upplagan. Arlov: Liber Utbildning.
- Brennert, Sven. (1993). *Materiallära*. 12:e upplagan. Värnamo: Liber Utbildning Ab.
- Forsman, D. (2004). *Konstruera med Pro/ENGINEER Wildfire 2.0*. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- IDO. (2005). *Laatu ja ympäristö*. Tillgänglig: <http://www.ido.fi>. Hämtad 26.11.2010.
- IDO Group. (2010). *Företagspresentation*. PowerPoint presentation.
- IDO Konsumentbroschyr. (2010). Pdf-dokument.
- Nationalencyklopedin (2010) <http://www.ne.se/>. Hämtad 12.12.2010.
- Ogot, Madara & Kremer , Gül. (2004). *Engineering Design – A practical guide*. Kanada: Trafford Publishing.
- PTC (2010). *PTC History and Acquisitions*. Tillgänglig: <http://www.ptc.com/company/history-and-acquisitions.htm>. Hämtad 24.11.2010.
- Sanitec Corporation. (2010). *Sanitec Group – Key Milestones*. Tillgänglig: <http://www.sanitec.com/SANITEC%20GROUP.aspx>. Hämtad 19.11.2010.
- Sika Product Data Sheet. (2010). *SikaBlock M940 Tooling board*. Tillgänglig: <http://deaddconst01.webdms.sika.com/fileshow.do?documentID=3243>. Hämtad 7.2.2011.
- Smid, Peter. (2003). *CNC Programming Handbook: comprehensive guide to practical CNC programming*. Andra upplagan. New York: Industrial Press Inc.
- Trikatex Mould. (2010). *Företagsprofil*. Tillgänglig: <http://www.trikatex.fi/>. Hämtad 11.3.2011.

Bilagor

