



Making of cylindrical sleeves

Mekatronik AK
(EIE 070)

Grupp 1:

David Eklund (*M*)
Kenneth Frogner (*E*)
André Hansson (*M*)
Andreas Johansson (*E*)
Johannes Persson (*M*)

Sammanfattning

Projektets mål var att skapa ett system för tillverkning av cylindrar som ska användas som grund för vätskebehållare. Målet var formulerat av Tetra Pak i Lund som ett samarbete med Lunds Tekniska Högskola, IEA och kursen Mekatronik AK.

Projektgruppen bestod av tre maskintekniker och två elektrotekniker med handledning från Tetra Pak och IEA. Projektet var egentligen bara ett delprojekt då bara planeringsstadierna skulle genomföras. Inga organiserade experiment eller tillverkningsprototyper har gjorts.

Vi bestämde oss tidigt för att vårt huvudmål var att skapa ett tillverkningssystem med väsentligt högre tillverkningshastighet än det befintliga. För att lyckas med detta behövde vi skapa en kontinuerlig process för tillverkningen, vilket i sin tur beredde vissa problem.

Kapningen av rullarna måste ske efter formning i en kontinuerlig process, vilket i sin tur gjorde kapningsmomentet betydligt svårare att genomföra. Vi löste det till sist med laser och en så kallad beamsplitter som delar upp laserstrålen i 10 strålar som skär rullen från olika håll parallellt. Formningen sker genom kontinuerlig matning in i en cylinder och sammanfogning genom laservärmning med efterföljande trycksättning parallellt med formningen.

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	<i>II</i>
<i>Innehållsförteckning</i>	<i>III</i>
1 Inledning	1
2 Förberedelser och inriktning	2
2.1 Syfte	2
2.2 Resurser och förutsättningar	2
2.3 Förberedelser och studiebesök.....	2
2.4 Företagshistorik.....	2
2.5 Styrkor och svagheter	3
2.6 Produktsortiment	4
2.7 Marknad.....	5
2.8 Teknikläge.....	5
2.9 Urvalskriterier för fördjupad produktsökning	6
3 Processförslag	8
3.1 Formning.....	8
3.2 Sammanfogning.....	9
3.3 Klippning.....	9
3.4 Produktbedömning Formning.....	10
3.5 Produktbedömning Sammanfogning.....	11
3.6 Produktbedömning Klippning	12
3.7 Urvalsprocess	13
4 Detaljbeskrivning lösningar	14
4.1 Formning.....	14
4.1.1 Formningsmodul	14
4.1.2 Spiralformning	14
4.2 Sammanfogning	16
4.2.1 Högfrekvensvärmning med kontinuerligt tryck	16
4.2.2 Laservärmning med kontinuerligt tryck.....	16
4.3 Kapning	17
4.3.1 Laserskärning	17
4.3.2 Skärning med egg.....	17
5 Slutsats	19

1 Inledning

Detta projekt är ett samarbete mellan Tetra Pak och kursen Mekatronik AK vid Lunds Tekniska Högskola.

Uppgiftens problem är att finna en metod för att klippa, forma samt sammanfoga material utifrån en rulle till cylindrar med en hastighet av minst 10000 förpackningar per timme.

Dessa cylindrar används sedan som bas i en ny produktserie på TetraPak, vars mål är att konkurrera med pet- och glasflasksindustrin för icke kolsyrade produkter som exempelvis juice.

Syftet är att vi som genomför projektet ska få praktisk erfarenhet av hur de första stadierna av ett projekt går till och, om möjligt, ge TetraPak inspiration till nya tekniska lösningar för förpackningstillverkning.

Vi avser således inte att genomföra ett helt projekt utan bara ta fram ett antal möjliga lösningar för utvärdering och välja en konceptidé.

2 Förberedelser och inriktning

2.1 Syfte

Det är av stor vikt för alla utvecklingsföretag att förnya och utveckla sina produktsortiment. I den andan har Tetra Pak valt att utveckla en ny produktserie, vars mål är att konkurrera med pet- och glasflasksindustrin.

Syftet med vårt projekt är att ta fram en konceptidé för kapning, formning och sammanfogning av cylindriska Tetra Pak-behållare som utgör grundstommen i deras nya produktserie.

I dagsläget finns det en väl fungerande maskin, som bygger på diskontinuerlig och parallell produktion. Syftet med projektet är att ta fram en ny principkonstruktion med högre effektivitet och större driftssäkerhet till lägre kostnad.

2.2 Resurser och förutsättningar

Projektteamet består av tre maskin- och två elektroteknikstudenter. Saker som begränsar vårt arbete är en relativt snäv tidsram och bristande ekonomiska tillgångar.

2.3 Förberedelser och studiebesök

Under våren har vi haft föreläsningar inom en mängd mekatronikrelaterade områden såsom projektplanering, konstruktionsmaterial, tillverkningsmetoder, elektronik, elmotorer finita elementmetoden och inbyggda system.

Efter den första projektplaneringen och brainstorming åkte vi också till Tetra Pak för att studera befintliga lösningar samt få en mer detaljerad produktspecifikation av vår kontaktperson Anders Sundberg.

2.4 Företagshistorik¹

Tetra Pak grundades av dr. Ruben Rausing och Erik Wallenberg 1951 och har sedan utvecklats till att bli världsledande inom sitt område. Företaget har genom åren fått ett allt bredare affärsområde som innefattar såväl process och förpackning som distribution av livsmedel. Tetra Paks produktsortiment styrs till stor del av önskemål från kunder och företagets utveckling sker i nära samarbete med leverantörer för bästa resultat. Företaget har idag över 20 000

¹ www.tetrapak.se

anställda i 165 länder och mycket tyder på att Tetra Pak kommer att ha en fortsatt stark ställning på världsmarknaden.

När Tetra Pak startades hade utvecklingsarbetet av den tetraederformade mjölkförpackning som kräver ett minimum av råvaror och ändå ger optimal hygien pågått i nära tio års tid. AB Tetra Pak startade som ett dotterbolag till Åkerlund & Rausing, det förpackningsföretag som Rausing hade varit med att starta redan 1929. Idén till verksamheten fick Rausing under sin studietid i USA där han kom i kontakt med snabbköpen och insåg potentialen i en förpackning som är billig att tillverka i stora volymer.

Företagets motto; "En förpackning ska spara mer än den kostar", gäller fortfarande trots kontinuerligt varierande krav i form av ändrat utseende och tålighet samt tillkommande egenskaper som näringsämnesbevarande, antiseptiskhet och mikrovågskompatibilitet m.fl. Grundidén gick ut på att en tub formades från en rulle med plastbelagt papper, tuben fylldes sedan med önskad dryck och förseglades under vätskenivån. Eftersom företagets intäkter beror på kundernas intresse har Tetra Pak ständigt tvingats anpassa produkterna efter kundernas behov och önskemål. Förpackningarna har genom åren förfinats med avseende på produktspecifika egenskaper samtidigt som dess form följer gällande mode med avvägning mellan pris och kvalitet. Tetra Paks affärsverksamhet har utvecklats från att främst omfatta förpackningar av flytande livsmedel till att även innefatta förpackningar till glass, ost, torra produkter, frukt och grönsaker mm. En ytterligare utvidgning av affärsområdet till att omfatta bearbetning av livsmedel har också skett samtidigt som produktportföljen hela tiden fortsätter att öka. Tetra Pak erbjuder kompletta resurssnåla system för process, förpackning och distribution i syfte att bevara produktkvalitet, minimera spill och minska distributionskostnader. I dagsläget marknadsförs 12 olika förpackningssystem.

2.5 Styrkor och svagheter

Genom många års erfarenhet har Tetra Pak inte bara vunnit en ledande position på världsmarknaden utan också byggt upp en gedigen kompetens och en god ekonomisk grund. Tack vare företagets vilja att se framåt och hela tiden utveckla företaget och satsa på ny teknik har man säkrat en konkurrenskraftig grund att stå på för en lång tid framöver. Det är just denna vilja att se framåt och ta tillvara på företagets interna kompetens som är Tetra Paks signum. Att det finns både bredd och djup inom företagets kompetensområden gör det möjligt att ha flera produktområden vilket skapar möjligheter att pressa såväl produktions- som underhållskostnader. Eftersom många produkter är ganska lika kan mycket av tekniken återanvändas i olika projekt för att på så sätt spara pengar vid utvecklingen av nya produkter. En god egenskap för att vinna ytterligare kunder är företagets goda rykte när det gäller såväl produktkvalitet som personalpolitik och etik. Dessutom är det en reklamteknisk succé att

årligen sälja miljardtals förpackningar beklädda med företagets logotyp till företag som i sin tur säljer dem vidare till allmänheten. Trots företagets styrkor är det en svår bransch att vara världsledande inom. För att fortsätta företagets framgångssaga måste stora summor pengar investeras i utveckling och det gäller att hålla god framförhållning om inte konkurrenter ska kunna kopiera produkterna. Att utarbeta en ny produkt tar tid och ingen kan med säkerhet förutspå hur marknadsläget att se ut om tio år. En av orsakerna till den hårda konkurrenssituationen är att många företag förlägger en större del av arbetet i låglöneländer.

2.6 Produktsortiment²

Tetra Pak erbjuder kompletta process- och förpackningssystem, som omfattar hela kedjan med processutrustning, förpackningsmaskiner, distributionsutrustning och kompletterande mjukvaruservice.

Företagets allsidighet gör det möjligt för kunderna att vända sig till en enda leverantör för sina förpackningsbehov. Med Tetra Paks förpackningar behåller produkternas innehåll såväl näringsämnen som smak med oförändrad hållbarhet vid distribution till konsumenter.

Förpackningarna består främst av kartong och plast och i vissa

produkter även aluminium, beroende på önskade egenskaper.

Förpackningarna finns i en mängd olika former med varierande egenskaper så som återförslutning och antiseptik. Förpackningarna är lätta att hantera och distribuera och används främst till flytande innehåll, men även till glass, ost, frukt och grönsaker samt till torra produkter. Idag står mejeriprodukter volymmässigt för drygt 2/3 av de livsmedel som förpackningarna innehåller. Tetra Pak tror dock att många av de icke kolsyrade drycker som idag förpackas i PET-flaskor kommer att inneslutas i företagets produkter i framtiden.

Förpackningar och processutrustningar som tillverkas uppfyller högt ställda hygien-, kvalitets- och säkerhetskrav, samtidigt som de medför så liten negativ miljöpåverkan som möjligt vid tillverkning, användning och sluthantering. Tetra Paks produkter finns i mer än 165 länder och bara under 2004 levererades cirka 60,7 miljarder liter produkter i Tetra Paks förpackningar.



Figur 1. Några olika förpackningar som Tetra Pak tillverkar eller har tillverkat

² www.tetrapak.se

2.7 Marknad

Tetra Pak avser huvudsakligen att konkurrera på marknaderna för Pet- och glasflaskor med sin nya produktserie.

Förpackningarna avses användas främst för juicer och andra icke kolsyrade drycker.

Denna marknad ställer nya krav på TetraPaks produkter främst då rundade förpackningar och skruvkorkar.

2.8 Tekniskläge

Tetra Pak ser sig själva som teknikledande med goda tekniska kunskaper inom förpackningsteknik och konservering. De har också en mycket hög kunskapsnivå inom skapandet av bakteriefria miljöer och automatisering.

Mycket av den befintliga kompetensen på TetraPak kan användas även för den här produktserien, men ny kunskap på områden som design och marknadsföring kan behövas då företaget vill slå in sig på nya marknader.

2.9 Urvalskriterier för fördjupad produktsökning

Dessa urvalskriterier valdes för att representera produktpolitiken inom Tetra Pak. Förutom produktpolitiken valdes dessa kriterier för att kunna utvärdera processförslagen gentemot varandra inom både tekniska och ekonomiska områden. Därmed kan de mest lämpade processförslagen på ett ingående och rättvisande sätt skiljas ut.

Faktorer	Beskrivning	Poäng kriterier
Sannolikhet till teknisk framgång	Hur väl kommer den slutliga lösningen att fungera i sitt syfte.	5: Mycket god
		4: God
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintlig
Produktens lönsamhet	En hög lönsamhet gör att produkten har en möjlighet till att bli företagets framtida kassako.	5: Mycket hög
		4: Relativt hög
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintlig
Servicekrav	Då dessa produkter används kontinuerligt är behovet av underhållsfria detaljer av stor vikt för att minimera driftstopp.	5: Obefintliga
		4: Ringa
		3: Måttliga
		2: Relativt höga
		1: Mycket höga
Processkännedom	En stor kunskap om tillverkningsprocessen ger en förbättrad produktion och minskar risken för flaskhalsar och driftstopp.	5: Mycket hög
		4: Relativt hög
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintlig
Investeringsbehov av produktionsutrustning	Finns utrustning för produktion tillgänglig krävs ingen ytterligare bindning av kapital i materiella tillgångar samt tid och resurser sparas då personalen redan är utbildade på befintlig utrustning.	5: Obefintlig
		4: Ringa
		3: Måttlig
		2: Relativt stor
		1: Mycket stor

Tabell 1. Urvalskriterier för fördjupad produktsökning

Faktorer	Beskrivning	Poäng kriterier
Befintlig kunskapsgrad inom området	Forskning och utvecklings möjligheter att genomföra projektet utan att behöva köpa in förstärkning i form av konsulter eller investera i mer kunskap.	5: Mycket hög
		4: Relativt hög
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintlig
Innovationsshöjd - nyhetsvärde	En hög innovationshöjd ger företaget försprång gentemot dess konkurrenter. Detta är väsentligt för ett teknikledande företag såsom Tetra Pak.	5: Revolutionerande
		4: Positivt nyhetsvärde
		3: Måttlig
		2: Dålig
		1: Obefintlig
Utvecklingstid	Projektets totala utvecklingstid.	5: < 6 månader
		4: 6 månader - 1 år
		3: 1 - 2 år
		2: 2 - 3 år
		1: > 3 år
Forsknings- & Utvecklingskostnad	Totala kostnaden för utvecklingsprojektet. Mindre FoU resulterar i en större ekonomi marginal och ett lägre försäljningspris. Resultatet blir en konkurrenskraftigare produkt på marknaden.	5: Obefintlig
		4: Ringa
		3: Måttlig
		2: Relativt hög
		1: Mycket hög
Potentiell effektivitet	Hur snabbt och effektivt kan processen utföras	5: Mycket hög
		4: Relativt hög
		3: måttligt
		2: relativt låg
		1: mycket låg
Maskinens utrymmeskrav	Hur mycket plats tar maskinen.	5: Mycket stor
		4: Relativt stor
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintlig
Framtida marknadstrender	Bedömning av marknadsutveckling med hänsyn till produkten.	5: Ny potentiell marknad
		4: Starkt växande marknad
		3: Svagt växande marknad
		2: Stagnerande marknad
		1: Avtagande marknad
Befintliga produktionsmöjligheter	Möjlighet att producera själv utan investering.	5: Mycket goda
		4: Relativt goda
		3: Måttlig
		2: Ringa
		1: Obefintliga

Tabell 2. Forts. urvalskriterier för fördjupad produktsökning

3 Processförslag

Dessa förslag producerades genom brainstorming och gruppdiskussioner.

Tetra Paks befintliga

Fördelar: Kapningen kan lätt genomföras med god noggrannhet och snyggt snitt.

Nackdel: Medför en diskontinuerlig process vilket försvårar en effektiv produktion.

Krav: Denna metod kräver att processen efteråt är diskontinuerlig och sammanfogning och limning måste ske elementvis. Delmoment så som formning och sammanfogning måste också ske parallellt på flera band för att inte skapa flaskhalsar i produktionen.

Nytt koncept med kontinuerlig process

Fördelar: Hela processen kan utföras kontinuerligt vilket borgar för god effektivitet.

Nackdel: Kapningen blir problematisk.

Krav: Inga speciella krav på andra delar av processen

3.1 Formning

1. Inskjutning av det klippta materialet i en form så att det snurras ett varv för att sedan sammanfogas.
2. Inskjutning av det kontinuerliga materialet i en form där sedan klippning och sammanfogning sker simultant då materialet har snurrat hela varvet och bildat cylinderformen.
3. Kontinuerliga formning med fast formningsmodul som materialet går genom.
4. Formning med ställbar formningsmodul, i övrigt som alternativ 3.
5. Skruvning in i en rund form vilket ger en spiralformad skarv på den färdiga cylindern.
6. Formning med hjälp av elektrostatik (Coulombkraft), olika lösningar beroende på om förpackningen har ledande material.

3.2 Sammanfogning

1. Värm aluminiumet med högfrekvensgenerator under tryck (diskontinuerligt).
2. Värm aluminiumet med högfrekvensgenerator trycksättning från bandfötter (kontinuerligt).
3. Värm med laser och tryck från larvfötter (kontinuerligt).

3.3 Klippning

Krossande kapning med valsar är den metod som används på Tetra Pak idag. Den ger mycket bra snitt, god noggrannhet och snabb kapning.

1. Krossande kapning med valsar. Diskontinuerligt processalternativ.
2. Perforering innan formning och sammanfogning och separering av elementen i slutet av processen. Ett bra sätt att undvika svår kapning av den färdiga rullen. Problem med dåliga snitt och eventuellt att separeringen inte sker vid perforeringen.
3. Laserskärning av den färdiga rullen. Kräver hög precision, är dyrt och riskerar att antända arbetsmaterialet.
4. Vattenskärning av den färdiga rullen. Ännu dyrare än laser, men utan antändningsrisken. Annars samma problem som laser.
5. Skärning med egg av den färdiga rullen. Riskerar att förstöra rullen om snittet utförs rakt över och svårt att stabilisera med en kärna. Oavsett metod måste verktyget förmodligen röra sig med materialet kontinuerligt, vilket gör metoden svårare och dyrare.
6. Inskjutning av materialet i en form innan klippning och klippning med sammanfogning samtidigt när rullen snurrat hela varvet. Diskontinuerligt processalternativ.

3.4 Produktbedömning Formning

Nedan visas bedömningen av de föreslagna processalternativen för delproblemet som rör formningen av cylindrarna. De olika alternativen är ej viktade utan de har endast poängsatts individuellt mot de olika faktorerna.

Faktorer	Produktförslag					
	I	II	III	IV	V	VI
Sannolikhet till teknisk framgång	4	3	4	4	3	2
Produktens lönsamhet	2	3	4	4	4	4
Servicekrav	4	4	4	4	3	4
Processkännedom	4	3	4	4	3	2
Investeringsbehov av produktionsutrustning	4	3	3	3	2	2
Summa	18	16	19	19	15	14

Faktorer	Produktförslag					
	I	II	III	IV	V	VI
Befintlig kunskapsgrad inom området	4	2	4	4	3	2
Innovationsshöjd – nyhetsvärde	3	4	3	3	4	4
Utvecklingstid	4	2	4	4	2	2
Forsknings- & Utvecklingskostnad	4	3	4	3	3	2
Potentiell effektivitet	3	3	4	4	4	3
Maskinens utrymmeskrav	4	5	3	3	3	3
Framtida marknadstrender	2	3	4	4	4	4
Befintliga produktionsmöjligheter	4	4	3	3	2	1
Summa	28	26	29	28	25	21

Tot Poäng s:a	46	42	48	47	40	35
----------------------	----	----	----	----	----	----

Tabell 3. Produkturval Formning enligt fördjupad produktsökning

3.5 Produktbedömning Sammanfogning

Nedan visas bedömningen av de föreslagna processalternativen för delproblemet som rör sammanfogningen av cylindrarna. De olika alternativen är ej viktade utan de har endast poängsatts individuellt mot de olika faktorerna.

Faktorer	Produktförslag		
	I	II	III
Sannolikhet till teknisk framgång	4	4	3
Produktens lönsamhet	2	4	4
Servicekrav	3	3	3
Processkännedom	4	3	2
Investeringsbehov av produktionsutrustning	4	4	3
Summa	17	18	15

Faktorer	Produktförslag		
	I	II	III
Befintlig kunskapsgrad inom området	4	4	3
Innovationsshöjd - nyhetsvärde	2	2	4
Utvecklingstid	4	3	2
Forsknings- & Utvecklingskostnad	4	3	2
Potentiell effektivitet	2	4	4
Maskinens utrymmeskrav	3	3	3
Framtida marknadstrender	2	3	4
Befintliga produktionsmöjligheter	4	3	2
Summa	25	25	24

Tot Poäng s:a	42	43	39
----------------------	----	----	----

Tabell 4. Produkturval Sammanfogning enligt fördjupad produktsökning

3.6 Produktbedömning Klippning

Nedan visas bedömningen av de föreslagna processalternativen för delproblemet som rör klippningen av cylindrarna. De olika alternativen är ej viktade utan de har endast poängsatts individuellt mot de olika faktorerna.

Faktorer	Produktförslag					
	I	II	III	IV	V	VI
Sannolikhet till teknisk framgång	3	2	3	4	3	2
Produktens lönsamhet	3	4	3	2	3	3
Servicekrav	4	4	4	2	4	4
Processkännedom	5	2	3	2	3	3
Investeringsbehov av produktionsutrustning	4	4	2	1	3	3
Summa	19	16	15	11	16	15

Faktorer	Produktförslag					
	I	II	III	IV	V	VI
Befintlig kunskapsgrad inom området	5	3	2	2	4	2
Innovationsshöjd - nyhetsvärde	3	4	4	4	3	4
Utvecklingstid	4	3	3	3	4	2
Forsknings- & Utvecklingskostnad	4	4	3	3	4	3
Potentiell effektivitet	3	4	4	4	2	3
Maskinens utrymmeskrav	4	3	4	4	3	5
Framtida marknadstrender	3	3	5	5	3	3
Befintliga produktionsmöjligheter	5	4	3	3	3	4
Summa	31	28	28	28	26	26

Tot Poäng s:a	50	44	43	39	42	41
----------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tabell 5. Produkturval Klippning enligt fördjupad produktsökning

3.7 Urvalsprocess

Vi har valt att endast inrikta oss mot kontinuerliga processalternativ eftersom det har en högre potentiell tillverkningshastighet. Anledningen till att Tetra Paks befintliga lösningar får så höga poäng är att utvecklingskostnader och processkännedom är optimala. Eftersom processen ska vara kontinuerlig kommer kapningen att ske efter formning och limning varför flera av alternativen inte är aktuella. Nedanför presenteras två förslag till respektive delproblem. Dessa utvalda processförslag är de som erhållit högst poäng samtidigt som de är i linje med en kontinuerlig process. De har även valts då delprocesserna kan kombineras och därmed ge en helhetslösning speciellt anpassad till kunden.

De valda processförslagen kan utläsas nedan.

Formning

- Formning med fast formningsmodul samt möjligt att använda en justerbar formningsmodul
- Skruvning in i en rund form vilket ger en spiralformad skarv på den färdiga cylindern

Sammanfogning

- Värm aluminiumet med högfrequensgenerator trycksättning från bandfötter
- Värm med laser och tryck bandfötter

Kapning

- Laserskärning av den färdiga rullen.
- Skärning med egg av den färdiga rullen.

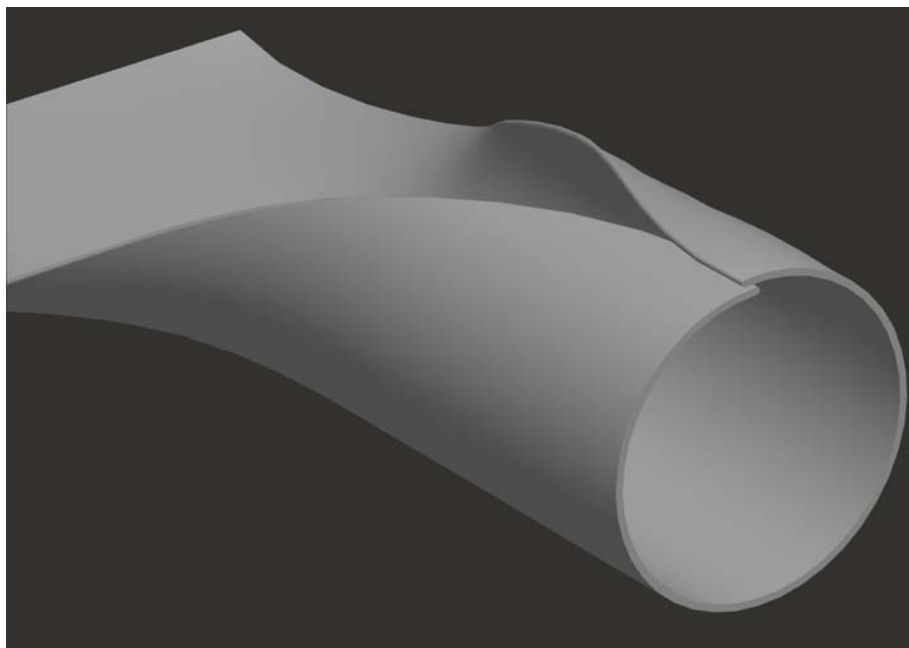
I kapitel 4 beskrivs de olika lösningarna på mer detaljerad nivå.

4 Detaljbeskrivning lösningar

4.1 Formning

4.1.1 Formningsmodul

Materialet från rullen passerar in i en konformad modul med en inre kärna där materialet formas till en rulle och hålls på plats mellan formen och ett antal fjädrande hjul placerade på kärnan. När sammanfogningen av skarven är klar behövs inte stödet från kärnan längre och det långa kontinuerliga röret är då framme vid stationen för kapning och vidare transport i maskinen. Genom att formningsmodulen inte är symmetrisk, utan ena sidan ligger lite över den andra kommer problem som annars skulle uppstå vid start med ny rulle att elimineras. Nu kommer alltid samma sida av pappret bli över respektive undersida vid överlappningen. Figur 2 visar en schematisk bild av formningsmodulen.



Figur 2. Illustration av formningsmodulen

4.1.2 Spiralformning

Hela denna idé bygger på att materialet kontinuerligt formas som en spiral. Detta kommer leda till att skarven på cylindrarna också kommer bli spiralformad och utformningen av trycket på materialet kommer få anpassas efter detta.

Formningen kommer att ske genom att materialet förs in i en cylinder med en vinkel mot cylinderns axel. Vid ingången på cylindern kommer också en fritt hängande kärna föras in som kan trycksätta

skarven när den sammanfogas och svalnar. Detta gäller oavsett om laser eller frekvensgenerator används för sammanfogningen.

Metoden kräver mycket hög precision och dessutom annan märkning och tryckning av materialet, men processen kan potentiellt bli mycket snabb.

Om tex processen ska klara $n = 4$ rullar/s, rullarna är $l = 20$ cm långa, diametern $d = 8$ cm gäller:

$\alpha = \arctan(b'/d)$ där

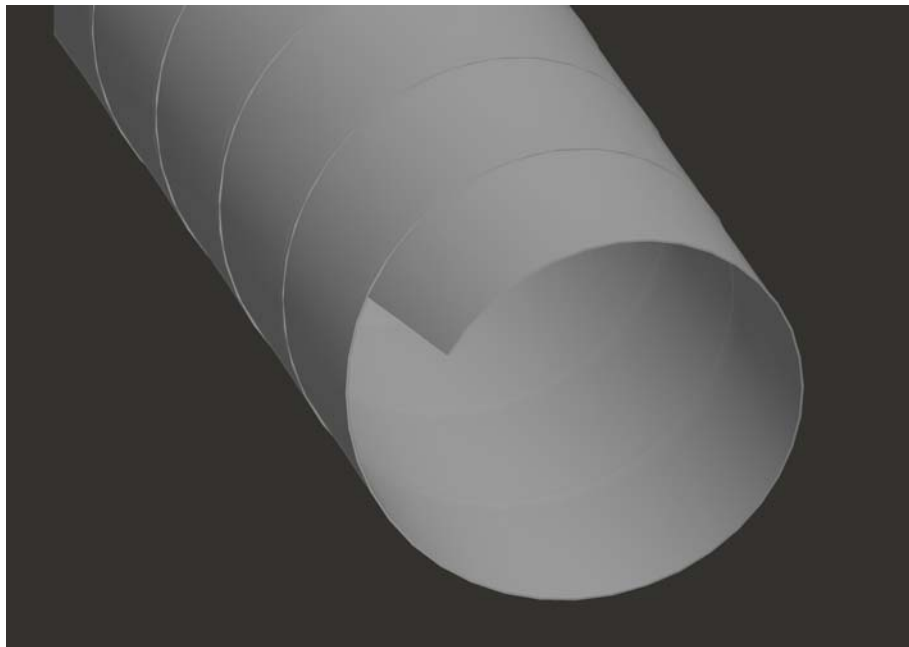
$$b = d * \pi \text{ och}$$

$$b' = b / \sin(\alpha)$$

$$\alpha = 1,28 \text{ rad} = 73,1 \text{ grader}$$

Inputhastigheten blir $4 * l = 0.8$ m/s

Om torkningstiden för sammanfogningen är 1s måste således cylindern för formning vara strax under 1 meter lång. Vilket kan resultera i en relativt kompakt maskin.



Figur 3. Illustration av spiralformningen

4.2 Sammanfogning

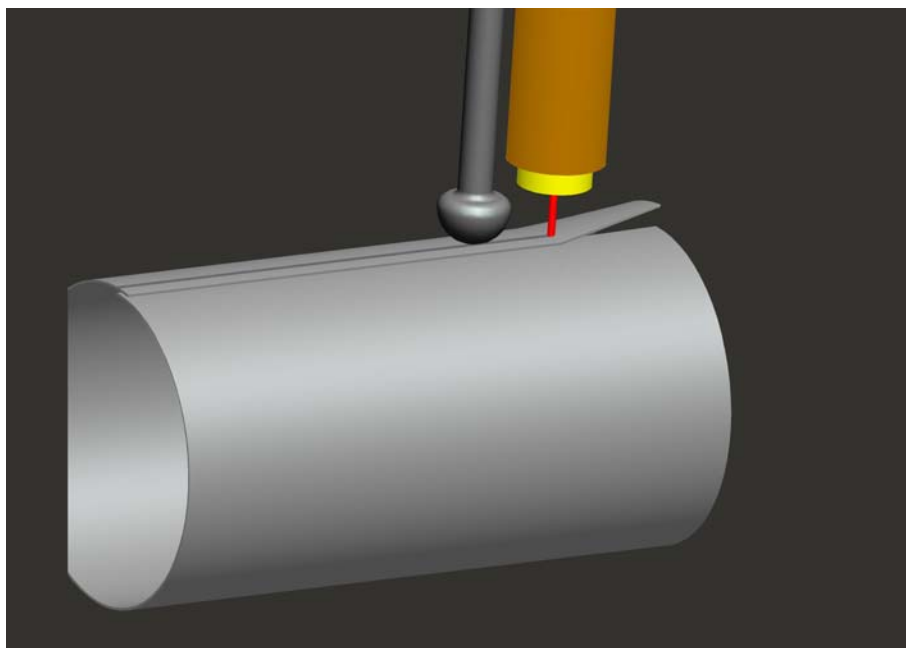
4.2.1 Högfrekvensvärmning med kontinuerligt tryck

Denna metod är väsentligen den som finns på Tetra Pak idag. Man använder en högfrekvensgenerator som inducerar strömmar som värmer upp metallen i materialet. Detta görs under tryck och fogen hålls under tryck i ca 1 sekund till materialet svalnat.

Kylningen kan i båda lösningarna för formning ske genom aktiv kylning av själva den formningscylinder där sammanfogningen sker. Materialet kommer att ligga mot cylindern och blir på så vis också kylt. En alternativ lösning för kylningen är givetvis direkt, aktiv kylning med t.ex. kallluft.

4.2.2 Laservärmning med kontinuerligt tryck

Lasern sitter på en fix punkt längs produktionskedjan och värmer materialet till rätt temperatur. Laserns effekt regleras beroende på materialets hastighet så att samma temperatur alltid uppnås. Direkt efter att materialet har värmts skapas ett tryck längs fogen genom att ett rörligt band med larvfötter trycker mot en inre kärna. Aktiv kylning kan ske genom att larvfötternas temperatur hålls konstant låg eller genom luftkylning.

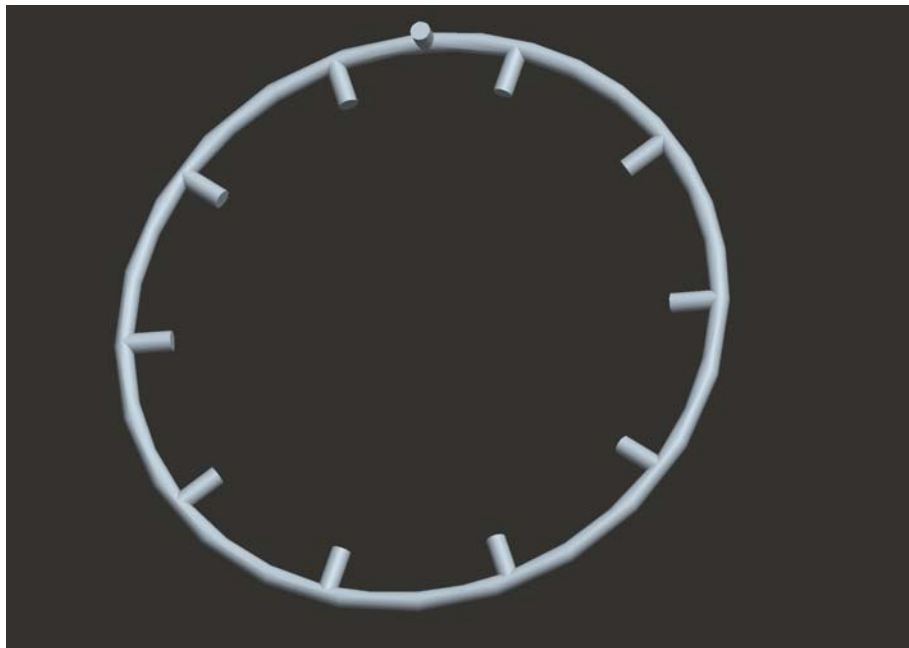


Figur 4. Illustration av lasersammanfogning

4.3 Kapning

4.3.1 Laserskärning

Eftersom kapningshastigheten måste vara minst $10000/3600$ [rullar/s]* 100π [mm/rulle] = 870 [mm/s] ställer det stora krav på lasern. Kapningshastigheten med laser är begränsad och går inte fortare med högre effekt på lasern eftersom plasma som hindrar ljuset att nå fram till materialet skapas vid för höga temperaturer. Genom att ha en högeffektlaser och sedan dela upp strålen i flera strålar med lägre effekt kan laserns användning optimeras och kapningshastigheten ökar. Genom att leda in laserstrålen i en beamsplitter som delar upp effekten i tio lika starka strålar med optimal effekt jämnt fördelade över en cirkel kan kapningen ske genom att beamsplittern får rotera en tiondels varv runt cylindern. Kapningstiden gör att beamsplittern måste följa med materialet för att processen ska vara kontinuerlig men eftersom optik används blir det inget krav på att den ganska otympliga lasern ska vara flyttbar. En schematisk bild av stråldelaren kan ses i figur 5.



Figur 5. Bild på Beamsplittern

4.3.2 Skärning med egg

Spetsning från flera håll, följer med rullens rörelse. Skärning med egg av den färdiga cylindern är problematiskt eftersom man riskerar att krossa cylindern eller fibrerna i den. Vår lösning bygger på att man har n (förmodligen mellan 4-8) stycken vassa kilar som spetsar cylindern från olika håll. Dessa kilar kommer ha spetsvinklarna $360/n$

grader så att de möts i mitten. Med denna metod utnyttjar man den naturliga styvheten i cylinderformen för att undvika att materialet förstörs av kapningen.

Denna process måste givetvis genomföras med kilar som rörs sig med samma relativhastighet som materialet och för att hinna med hastigheterna kanske det måste vara 2 eller ännu fler parallellt arbetande klippare.

5 Slutsats

En av de viktigaste, mer generella, slutsatserna med det här projektet var att en kontinuerlig process är av nöden för att motivera utvecklingen av ett ersättningssystem för det befintliga på Tetra Pak idag. När en kontinuerlig process skall konstrueras ligger huvudproblemet i att kapning måste ske efter formning. Detta gör att konventionella kapningsmetoder med skärande eller krossande eggar riskerar att skada materialets struktur och rullens form.

Vi har således valt en lösning där formning och limning sker kontinuerligt och simultant medan kapningen sker i efterhand med hjälp av laser. Laserskärningen kan också utgöra ett problem då skärningen måste vara mycket snabb och laserns effekt (och därmed skärhastighet) begränsas av plasmabildning. Detta problem har vi löst med en så kallad beamsplitter som delar laserstrålen i 10 strålar som skär rullen från olika håll.

Själva formningen är en enkel konstruktion där materialet kontinuerligt förs in i en cylindrisk form, i vilken också limningen sker genom värmning med laser.

En enkel förbehandling i form av en plasttejp längs ena sidan av det oformade materialet är också nödvändig för att vätska i den färdiga behållaren inte ska gå in mellan lagren i materialet och förstöra dess egenskaper så att behållaren missfärgas eller i värsta fall börjar läcka.

Slutligen bör påpekas att det system vi föreslår borde ta upp ungefär samma utrymme som det befintliga, men att det förmodligen blir längre och smalare på grund av att systemet är kontinuerligt. Fördelarna är ökad tillverkningshastighet och eliminerat behov av att ha parallella tillverkningslinjer för vissa moment i processen.