

***Utvärdering av fogningsmetod för
PVC-dukar på Big Image i Täby***

Sammanfattning

Big Image är ett företag som trycker stora bilder, på bland annat polyesterförstärkt PVC-duk, till både butiker och teatrar. När en eller flera PVC-dukar måste skarvas för att uppnå rätt bildstorlek använder sig företaget av symaskiner. Detta är dock ett tidskrävande arbete och målet är att hitta en ny metod att skarva dukarna.

Enligt nulägesanalysen används all golvyta i Big Images lokal. Big Image har en svets som svetsar med hett verktyg vilken inte fungerar tillräckligt bra för att vara lönsam. Under en omvärldsanalys besöktes ett företag som specialiserat sig på att svetsa plastdukar. De anser att högfrekvenssvetsning är den bästa metoden vid svetsning av PVC-dukar.

Genom litteraturstudier och elektroniska källor undersöktes marknaden för olika fogningsmetoder och vilka egenskaper man kan förvänta sig av dukarna.

PVC i sin grundform ett solitt och hårt material i rumstemperatur och blandas därför med mjukgörare för att tillverka PVC-dukar. Till detta tillkommer även en ytbehandling för att färgen ska fastna på dukarna och flamskyddsmedel för att minska brandrisken vilket gör dukarnas tekniska egenskaper svåra att förutspå.

De olika fogningsmetoderna som inte undersöktes vidare är:

Rotationssvetsning och vibrationssvetsning: olämpligt för elastiska material.

Diffusionsbindning med lösningsmedel: får inte användas vid massproduktion.

Svetsning med ultraljud: utesluten då Big Image har testat denna metod utan resultat.

De fogningsmetoder som undersöktes vidare är:

Högfrekvenssvetsning: kräver en dyr maskin som tar upp mycket golvyta.

Svetsning med hett verktyg: maskinen finns redan i lokalen och fungerar med en del förbättringar.

Tejpning och limning: vidhäftningsstyrkan är svår att förutspå och tester krävs.

Kravspecifikationen för fogningsmetoden som arbetades fram resulterade i krav på ekonomi, hållfasthet, arbetsmiljö och miljövänlighet, flamsäkerhet, och estetik där hållfasthet ansågs vara det viktigaste.

De tekniska egenskaperna testades genom att dukarna värms upp till 180°C vilket resulterar i att dukarna krymper 5 % på längden. Detta visar på att om dukarna inte hålls sträckta under värmeutvecklande svetsmetoder kommer fogen att bli ojämn och skapa spänningar i duken.

Utvalda tejsorter åldrades i ugn för att simulera tejpens vidhäftningsstyrka efter ett halvår. Testbitar fogade med tejp, högfrekvenssvets, svets med hett verktyg utsattes för ett dragprov. Resultatet visar på att högfrekvenssvets och svets med hett verktyg gör fogen starkast. Då svets med hett verktyg är den kostnadseffektivaste lösningen tillverkades en riktare av plåt för att förbättra maskinen. Svetsmetoden kräver att maskinens rätstyrning förbättras ytterligare.

Abstract

Big Image prints large images on PVC cloth. When one or more cloths are joined together to create a surface big enough for the final size of the print the company use a sewing machine. This is a time consuming method that they want to change.

Through a literature study and electronic sources the market for different methods to join the cloths and the expected properties of the PVC is investigated.

The possible welding methods along with the possible use of adhesive tapes and glues found in the study have been evaluated according to a requirement specification containing economy, strength of the final bond, environmental factors, flammability and esthetics. The strength of the bond was considered as the most important factor.

According to the first evaluation rotation welding, vibration welding, diffusion bonding with adhesive solvents and welding with ultrasound is deemed inappropriate for this type of production and is not further evaluated.

The remaining methods of joining the cloths where high frequency welding, welding with hot tool, glue and adhesive tapes. Amongst these methods enhancing the company's existing machine that welds with a hot tool considered as the most economical solution and reaches the requirements of strength according to a strength test.

Innehåll

1	INLEDNING	6
1.1	Problembeskrivning	6
1.2	Mål	7
1.3	Avgränsningar	7
1.4	Metod.....	7
2	NULÄGESANALYS.....	7
2.1	Lokalen	7
2.2	Processteg	8
2.3	Fogningsmetod.....	9
2.4	Material.....	10
3	LITTERATUR OCH OMVÄRLDSSTUDIE.....	10
3.1	Material.....	10
3.2	Olika former av fogningsmetoder	11
4	OMVÄRLDSANALYS	13
4.1	Företag i andra branscher som behöver svetsa mjuk PVC.....	14
4.2	Företag specialiserat på svetsning av plast.....	14
5	VILKA KRAV BÖR MAN STÄLLA PÅ FOGEN OCH FOGNINGSMETODEN? ..	15
5.1	Hållfasthet.....	15
5.2	Estetik	15
5.3	Process.....	15
5.4	Miljö.....	16
5.5	Ekonomi.....	16
5.6	Flamsäkerhet.....	16
6	TEST AV MATERIALETS REAKTION PÅ VÄRME OCH KYLA.....	17

7	BIG IMAGES SVETS MED VÄRMEKIL.....	17
7.1	Test av Big Images svets	19
7.2	Påverkan på arbetsmiljö vid användning av svets med värmekil.....	20
7.3	Hur löser andra problemet med värmedistorsion?	20
7.4	Tillverkning av riktare till värmesvets	21
8	TEJPNING OCH LIMNING.....	22
8.1	Åldring av tejp	23
9	TEST AV HÅLLFASTHET	24
10	RESULTAT	26
11	SLUTSATS.....	27
11.1	Förslag till fortsatt arbete	28
11.2	Avslutning och reflektioner.....	29
12	KÄLLFÖRTECKNING.....	29
13	BILAGA 1; DRAGPROV AV FOGADE TESTBITAR.....	31

1 Inledning

En av de ledande producenterna av storbildskommunikation i Europa, Big Image, trycker bilder på mjuka material till både butiker och teatrar. Big image grundades 1987 av Werner Schäfer som även grundade Big Image's systerföretag i Berlin 1995. 1998 flyttade Big Image sin Svenska produktion till sin nuvarande lokal i en gammal flyghangar i Täby.

Variationen på Big Images uppdrag är stor och kunderna finns över hela världen. Bland annat blev Big Image anlitade av Internationella Olympiska Kommittén för att trycka flaggor och OS-logotypen på segel till samtliga båtar i laserklassen till OS I Peking. Företaget har även draperat ett helt varuhus för att likna en jordgubbstårta (Figur 1).

1.1 Problembeskrivning

Trots att företaget använder sig av marknadens största airbrushprintrar och inkjeteknik räcker storleken inte alltid till utan två eller fler bilder måste skarvas för att bilden ska få den storlek som kunden efterfrågar. Denna skarvning av bilder har länge varit ett problem på företaget bland annat beroende på att plasten i dukarna som bilderna trycks på drar ihop sig och bildar bucklor vid värmeutvecklande fogningsmetoder.

Att skarva bilderna är tidskrävande för personalen som för närvarande använder sig av en symaskin för att skarva de 5 meter breda dukarna. De maskiner som företaget har köpt in för att skarva plasten har alla haft olika för- och nackdelar men har inte fullt ut mött de kvalitetskrav som ställs på produkten. Det finns stora och dyra maskiner på marknaden som möjligen skulle kunna fungera. Dessa maskiner skulle ta för stor plats i lokalen och företaget har ännu inte undersökt om det skulle vara lönsamt att köpa in dyra maskiner.



Figur 1 Montage av fasad vepa på Ikea varuhus. Bild hämtad från Big Images hemsida [1]

1.2 Mål

Målet med examensarbetet är att hitta en fungerande metod att skarva materialet, som möter de höga kraven på bland annat miljö, säkerhet, estetik och process.

1.3 Avgränsningar

Företaget använder sig av flera olika sorters plastdukar men här undersöks endast fogning av de tre vanligaste vinyldukarna varav två (backlit och frontlit) antas vara tillräckligt lika för att ge samma resultat vid fogning. Test utförs således endast på en nätvinyl och en heltäckande vinyl (backlit). Exakta siffror på investeringskostnader kommer inte att behandlas.

1.4 Metod

Grunder för metoden är att undersöka skarvningsmetod och de faktorer som påverkar materialet under fogningen.

För att ta reda på mer om PVC och vilka problem man kan tänka sig stöta på då man använder sig av PVC börjar arbetet med en litteraturstudie. Med litteratur och internetsidor undersöks de tekniska egenskaperna hos PVC. Internetsidor med information om vilka fogningsmetoder som finns på marknaden för tillfället ger den grund till vilka val som kan finnas för företaget. Både akademiska texter och reklam från företag som gör maskiner och lim undersöks. Då mycket av informationen om material inte lämnas ut av duktillverkaren görs egna test om materialets tekniska egenskaper.

En omvärldsstudie med de fogningsmetoder som finns görs. Både på företag som jobbar med mjuk PVC i andra branscher och på företag som specialiserar sig på fogning av plast. Information från intervjuer på Big Image och observationer gjorda i lokalen samlas in.

Med hjälp av detta och information om vindens inverkan på stora dukar görs en kravspecifikation för vad som krävs av en bra metod. Utifrån denna kravspecifikation analyseras vissa utvalda fogningsmetoder som skulle kunna vara aktuella för Big Image. Bland annat testas metoderna med hjälp av ett statistiskt dragprov. Slutligen görs ett försök till förbättring av den mest passande fogningsmetoden.

2 Nulägesanalys

För att kunna avgöra hur väl en fogningsmetod passar företaget krävs det att man vet en del om lokalen, de fogningsmetoder företaget använder sig av idag och de material som ska fogas. Detta görs genom en nulägesanalys på företaget.

2.1 Lokalen

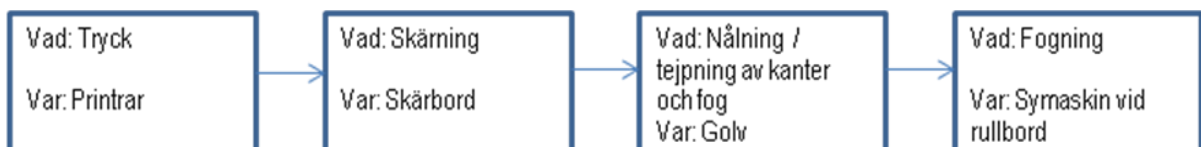
Företaget hyr en lokal som tidigare har varit en flyghangar (Figur 2). De stora öppna ytorna utnyttjas fullt ut när de använder golvet som arbetsyta för de bilder som kräver efterarbetning som till exempel förstärkning av kant och fogning. Även lokalens rikliga takhöjd utnyttjas för att hänga upp tyger för att lagra dem. Lokalen är väl ventilerad och

ytterskor är inte tillåtna i lokalen för att förhindra att damm och smuts fastnar i trycket. Hyran av lokalen är en stor kostnad som troligtvis kommer att öka framöver med en hyreshöjning.

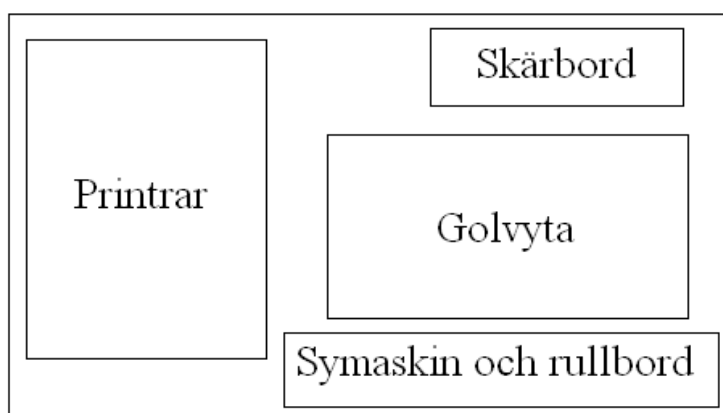


Figur 2. Lokalen. Vid tillfället är golvet fritt från dukar. Längst upp i högra hörnet ser man dukarna hänga från taket. På golvet finns röda sträck som fungerar som riktmärken då dukarna läggs ut på golvet.

2.2 Processteg



Figur 3 Processtegen för dukar som fogas



Figur 4 Lokalens layout.

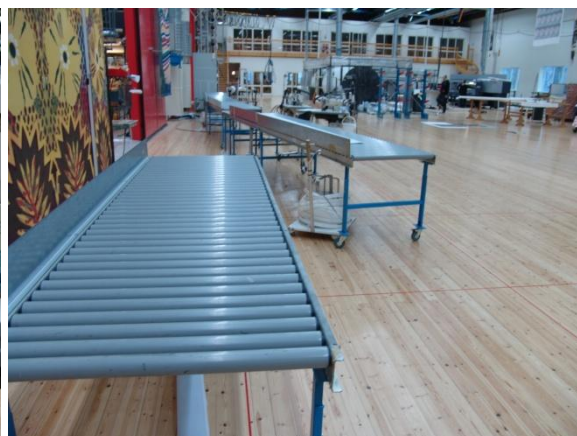
Processen sker enligt Figur 3 mellan stationerna i **Figur 4**. Fogningen och skärningen sker efter tryck även då fogen görs på längden. Skarvar kommer oberoende av fogningsmetod att lämna efter sig en oregelbundenhet i dukens yta vilket reducerar bildkvaliten.

2.3 Fogningsmetod

För närvarande använder sig av företaget av symaskin då de skarvar material (Figur 5). För att materialet ska få plats i symaskinen måste det rullas hårt vilket är ett moment som tar mycket tid. Även kanter förstärks med en vikning och söm i dessa symaskiner. Detta är en tvåstegsprocess där det första steget är att antingen nåla eller tejpa in kanten. De långa rullarna lyfts sedan upp från golvet till ett rullbord (Figur 6) och skjuts in i symaskinen. Det krävs ofta två personer för att sy dukarna varav en håller upp rullen som ofta är längre än rullbordet och den andra personen sköter symaskinen. Då dukarna sys bildas ibland vissa rynkor i materialet vilka dock inte är stora nog för att vara störande.



Figur 5 Symaskin som används för att foga dukar och sy kanter.



Figur 6 Rullbord som sätts ihop till ett långt rullbord när de behövs och ställs undan intill väggen då de inte används.

Det finns även en mindre svetsmaskin vilken köpts in vid ett tidigare tillfälle. Denna svetsar med ett hett verktyg, en värmekil. Maskinen har ett drivningshjul som kan ställas in på att antingen driva maskinen framåt samtidigt som det driver rullarna som matar fram materialet eller att bara driva rullarna. Maskinen kan således ställas in på att antingen användas som en stationär maskin där materialet förflyttas eller förflyttas framåt på golvet då materialet är stationärt. Maskinen går att ställa in på olika temperaturer och olika matningshastigheter. Vynlen svetsas vid en temperatur på 370-380°C.

Svetsningen fungerar tyvärr inte riktigt bra. PVC-dukarna glider isär under svetsningen vilket kräver att det alltid finns någon som övervakar dukarna vid svetsning. PVC:n i duken drar ihop sig och effekterna av värmedistorsion blir tydlig med bucklor och spänningar i duken som följd. Framförallt bildas bucklor om dukarna glider isär under processen och bildar en ojämnt bred fog. Det finns utrustning för rätstyrning av maskinen i form av skenor som kan tas isär och förvaras separat. Det är dock

tidskrävande att sätta ihop och att plocka isär skenorna för var gång dukar ska fogas. Av dessa anledningar har denna svets inte tidigare använts i någon större utsträckning på företaget.

2.4 Material

Big Image använder sig av dukar i flera olika material att trycka på i sin produktion. Jag har avgränsat mig till vinyl och de två mest använda sorterna för Big Image i Täby^I; en nätvinyl och en heltäckande vinyl^{II}. Dessa dukar är tillverkade av Verseidag-Indutex GmbH som är ett tyskt företag. Tyvärr lämnar detta företaget inte ut information om materialet förutom det lilla som står i deras produktspecifikation. Dukarna är PVC-överdragna med polyesterväv inuti som armering.

Den duk som kallas nätvinyl har en nätstruktur med hål strax under en kvadratmillimeter i storlek. Den heltäckande vinylen finns i backlit och frontlit vilket väljs beroende på vilket håll de ska belysas från då de är monterade. Dessa två dukar är dock likartade i ytstruktur och har i stort sett samma produktspecifikation.

Något som är viktigt då dukarna bland annat används inne på teatrar är att de är flamskyddsbehandlade. Detta för att eventuella upphettade belysning inte ska tända eld på materialet.

För närvarande finns inga planer på att byta ut vinyldukarna mot några PVC-fria dukar då det inte finns några bra substitut. Lanseras det en PVC-fri duk som har de egenskaper som krävs skulle PVC-dukarna troligtvis bytas ut eftersom miljövänlighet är viktigt på Big Image.

3 Litteratur och omvärldsstudie

Omvärldsstudien behandlar material och olika former av fogning som används vid produktion av stora dukar av mjukplast. Informationen inhämtas från facklitteratur och internetsidor. Tillförlitligheten när det gäller vissa internetsidor kan ifrågasättas då information inhämtas från intresseorganisationer så som PVC-forum vilken är en sektorgrupp inom plast- och kemiföretagen. Denna information balanseras upp genom facklitteratur, som antages vara granskad innan publicering, och att även miljöorganisationers hemsidor och åsikter undersöks.

Även informationen från företag som tillverkar svetsmaskiner inhämtas från hemsidor och intervjuer av säljare och anses som tillförlitlig då den handlar om hur maskinerna fungerar och vad de kostar.

3.1 Material

Då det endast är materialets yta som fogas samman, det vill säga PVC:n undersöks endast egenskaperna hos PVC och inte polyester. Polyester tillför tekniska egenskaper hos duken så som styrka men hinner inte reagera under fogningsmetoderna i samma

^I Siffror från Big Images produktion i Tyskland tas inte med i några beräkningar i denna text.

^{II} Bygger på företagets siffror från januari till december 2008.

utsträckning som ytan av PVC. Fogningsmetoder som förstör polyester utesluts direkt så som för hög värme under för lång tid.

3.1.1 PVC

PVC är en amorf termoplast. Amorft betyder att kedjemolekylerna har en oregelbunden uppbyggnad och termoplast betyder att plasten blir mjuk och formbar vid uppvärmning. PVC är egentligen en hårdplast i rumstemperatur och materialet övergår från ett fast flexibelt och solitt material till ett glasliknande material då temperaturen går under 81°C [2]. Den PVC som används i dukarna till tillverkning av tält och i tryckindustrin är vid rumstemperatur mjuk tack vare att de tillsatta mjukgörande ämnena gör plasten smidig och elastisk. Mjuk PVC till tryckindustrin är dessutom ytskiktbehandlad då materialet ska tryckas med bläckstråle (inkjet) eller airbrush. Detta görs för att bevara färgerna och för att bläcket ska fastna ordentligt på duken [3].

Smältpunkten påverkas av tillsatserna men är likt smältpunkten för obehandlad styv PVC inte en specifik punkt. Det tar tid för materialet att omvandlas från fast form till flytande. ”Smältpunkten” är istället definierad som den punkt då inget material finns kvar i fast form [2].

Om PVC är farligt eller inte finns det olika åsikter om. Det mest debatterade är ftalaterna som är de mest använda mjukgörarna i PVC [2] och står för 95 % av mjukgörarna i Sverige när det gäller PVC [4]. Den mjuka PVC som Big Image använder sig av eldas upp. Att bränna PVC kan vara skadligt för miljön på grund av klorinnehållet men tillsatsämnena gör att det inte går att återvinna mjuk PVC med kemikalier på ett bra sätt utan att dess hållbarhet minskar [5].

3.2 Olika former av fogningsmetoder

Det finns flera olika sorters fogning. Här behandlas några de vanligaste formerna av fogning av plaster. För att begränsa fogningsmetoderna som presenteras har vissa sorters fogning valts bort på förhand så som svetsning med het gas och svetsning med laser. Svetsning med het gas har valts bort då svetsmetoden kräver speciell hantverkskunskap som inte finns inom företaget. Svetsning med laser har valts bort då svetsmetoden kräver stora och extremt dyra maskiner. Svetsning med laserteknik håller dock på att utvecklas mer och kan tänkas bli kostnadseffektivare i framtiden.

3.2.1 Vibrationssvetsning och rotationssvetsning

Vibrationssvetsning är som namnet låter svetsning med vibrationer. De båda material som ska svetsas ihop gnuggas mot varandra och värmen som bildas av friktionen smälter materialen och en fog bildas. Vibrationssvetsning passar för amorfa material men är inte lämplig för svetsning av elastiska material som termoelaster [6]. Trots att PVC är en amorf termoplast gör de mjukgörande ämnena plasten alltför elastisk för att fungera ihop med denna fogningsmetod. Även storleken på duken gör vibrationssvetsning komplicerad. Ytan som ska fogas är lång och smal och att vibrera hela ytan samtidigt skulle kräva en komplicerad och stor anordning.

Rotationssvetsning bygger också på friktionen mellan två material men i detta fall roteras de mot varandra istället för att vibrera mot varandra. Denna process kräver ett cylindriskt tvärsnitt och kommer därför inte heller att bli aktuell i detta fall.

3.2.2 Högfrekvenssvetsning

Högfrekvenssvetsning utförs genom att elektrisk energi i form av ett radiofrekvent fält tillförs de två ytor som skall sammanfogas. Detta får molekylerna i materialet att röra på sig fram och tillbaka med en frekvens på 27 MHz. Genom den friktion som då uppstår mellan molekylerna genereras den värme som behövs för att smälta samman materialet. Därmed skapas en svetsfog vars hållfasthet är lika hög som det omgivande materialet enligt tillverkare av högfrekvenssvetsar [7]. Det elektriska fältet tillförs materialet via ett metallverktyg – en elektrod. Detta fält gör att de polära PVC molekylerna oscillerar och en del av denna rörelse blir till termisk energi [3].

Maskinerna som används vid högfrekvenssvetsning (Figur 7) är ofta stora och kommer vid installation tillsammans med ett bord med en skena på. Istället för att mata materialet är materialet stationärt på bordet och maskinen flyttas manuellt längs skenan. Ett av de största företagen som tillverkar högfrekvenssvetsar är Forsström. Priset för en mindre högfrekvenssvets från deras sortiment beror på hur långt bord man vill ha och hur lång och bred elektrod man behöver. Enligt säljare på Forsström krävs det, för en elektrod med storleken $140*30\text{mm}^2$, en maskin som är på 12kW vilket tillsammans med ett bord på 10 meter kostar ca 750 000kr [8].



Figur 7 Forsströms högfrekvenssvets TD 200-800.
Källa; Forsströms hemsida [7].

3.2.3 Svetsning med ultraljud

Vid svetsning med ultraljud är det högfrekvent ljudenergi som hettar upp materialet tills det är tillräckligt mjukt för att bilda en fog. Tryck används för att hålla ihop delarna och ultraljud med en frekvens på 20-40kHz tillförs i rätt vinkel i förhållande till materialet [3]. Denna metod används bland annat för att försegla plastfilm. Big Images produktionsfabrik i Tyskland använder sig av denna teknik för att svetsa tunna oförstärkta vinyldukar. Big Image har redan testat denna fogningsteknik utförligt och kommit fram till att den inte fungerar lika bra för svetsning av de något tjockare polyesterförstärkta vinyldukarna. Därför kommer ultraljudssvetsning inte att tas upp som en möjlig fogningsteknik i detta arbete.

3.2.4 Svetsning med hett verktyg

Det finns olika sorter av svetsning med hett verktyg beroende på verktygets form. Vid spegelsvetsning (Hot Plate Welding) består verktyget av en elektrisk upphettad platta. Plastparterna, som är fästa i fixturer trycks mot den upphettade plattan så att de smälter i de ytor, som skall sammanfogas. Då smältningen är tillräcklig (efter 10–30 sekunder) avlägsnas verktyget och parterna förs ihop under ett lätt tryck (0,1–0,3 MPa) [6].

Verktygets yta brukar vara belagd med påsintrad teflon, en släppfilm av teflon eller fin glasfiberväv som impregnerats med teflon. Ytan kan även beläggas med kemiskt nickel impregnerat med teflon (Nedox). Då verktygsytan är belagd med teflon är dock verktygets temperatur begränsad till 270°C. För att undvika nedkladdning av ett verktyg utan släppfilm kan parterna upphettas på ett avstånd av 0,5–1 mm från verktygets yta. I så fall måste verktyget upphettas till cirka 300–500°C för att smälta plasten (High Temperature Heated Tool Welding) [6]. Man kan även hetta upp materialet med en motståndsuppvärmd tråd. I detta fall tas inte tråden bort utan är kvar i fogen efteråt.

Mjuk PVC går bra att svetsa med hett verktyg medan styv PVC bryts ner termiskt [6]. Dock bör man tänka på att mjuk PVC till en viss del bildar ohälsosamma gaser vilket ställer krav på lokalens ventilation.

3.2.5 Diffusionsbindning med lösningsmedel, tejpning och limning

Diffusionsbindning är en metod som fungerar bäst för termoplaster. Tekniken kan liknas vid ett lim men reagerar med materialet likt svetsning eftersom fogen uppstår genom att parternas molekyler diffunderar in i varandra [6]. För PVC används Tetrahydrofuran och Cyklohexanon. Det är en riskfylld process som inte får användas i massproduktion om den kan ersättas med en riskfriare process [9]. Både vanligt lim och diffusionsbindning har problemet att det krävs att lösningen har en låg viskositet för att kontakten med ytan som ska limmas blir så hög som möjligt samtidigt som det krävs en hög viskositet för att lösningen inte ska rinna igenom hålen i nätvinylen som fogas.

Tejp marknadsförs som en enkel, snabb och kostnadseffektiv fogningslösning. Dock finns det mycket variabler som kan minska tejpens vidhäftningsstyrka. Enligt 3M [19] beror vidhäftningsstyrkan på i hur hög grad kontakten mellan häftämne och substrat utvecklas. Ett kraftigt appliceringstryck ger bättre kontakt mellan ytorna och förbättrar därigenom fogstyrkan. Även damm och fett på dukarna kan försämra vidhäftningsstyrkan och tillverkare av tejp rekommenderar att området som ska tejpas rengörs först. I vissa fall krävs att tejpens härdas under mer än ett dygn. I andra fall påverkas tejpens av de mjukgörande ämnena i PVC-dukarna med en minskad vidhäftningsstyrka som resultat.

4 Omvärldsanalys

Mjuk PVC används även i andra branscher. Vid tillverkning av stora tält skarvas plasten och vid en snabb omvärldsanalys som bestod i att gå runt och titta på stora tält vid byggarbetsplatser visade det sig att de flesta av skarvarna inte var sydda utan sammanfogade på annat vis.

4.1 Företag i andra branscher som behöver svetsa mjuk PVC

För att se hur andra företag [10] gör då de fogar mjuk PVC tillfrågades ett företag som jobbar med presenningar och tält. Dessa produkter kräver en fog som håller vid påfrestning då dukarna ofta spänns hårt som ett trumskinn. Även här är det komplicerat att jobba med de stora dukarna och hantering av material är en tidskrävande del av arbetet.

När det gäller fogningsmetoder används först och främst högfrekvenssvets eftersom fogen enligt dem håller bäst då [10]. Svetsen lämnar dock ett märke efter sig vilket inte spelar någon större roll då tälten och presenningarna används vid bland annat byggarbetsplatser.

Limning används inte som initial fogningsmetod utan används endast ute på fält då tälten är i behov av reparation när duken är i dåligt skick och PVC-materialet är nött.

Varmluftspistol används ibland men kräver hantverkskunskap som inte många besitter och ger inte en lika hållfast fog. Tillverkaren av tält och presenningar gör en del egna fogar men köper även in denna tjänst från andra företag som specialiserat sig på fogning av plastdukar.

4.2 Företag specialiserat på svetsning av plast.

Eftersom stora maskiner som används när man svetsar plast är dyra finns det företag som specialiserat sig på just svetsning av plast. För att se hur dessa företag gör besöktes ett av dessa företag [11]. Då olika plaster kräver olika svetsmetoder har detta företag både värmesvetsar, högfrekvenssvetsar, svetsar som använder sig av värmetråd och symaskiner. Här är det endast högfrekvenssvetsning som används när det gäller mjuk PVC. Andra metoder fungerar mycket dåligt enligt dem och det har hänt att kunder som redan fogat sina PVC-dukar med andra metoder anlitar dem för att riva upp och göra om dåliga fogar [11].

Högfrekvenssvetsen som används är lik de högfrekvenssvetsar som säljs av Forsström (se Figur 7) och är en tystgående maskin. Duken trycks ner av elektroden i maskinen för att inte dra ihop sig under processen. Först när fogen kallnat släpps elektroden upp och maskinen som sitter på en skena i marken dras åt sidan för att foga nästa sträcka av duken. Elektroden är ca 30cm lång och processen tar under 10 sekunder, vilket ger en total hastighet med förflyttning av maskin på ca 100m per timme.

Om processen inte hade pressat ihop den mjuka PVC-plasten hade den enligt dem [11] kunnat dra ihop sig upp mot 1 % vilket på långa fogar kan skapa spänningar och synliga defekter.

Detta företag tar betalt 17kr per svetsmeter. På detta tillkommer en kostnad för transport av material med en lokal taxitjänst till och från företaget på ca 650kr.

5 Vilka krav bör man ställa på fogen och fogningsmetoden?

För att fogningsmetoden över huvud taget ska kunna vara aktuell finns det vissa krav som inte går att kompromissa med som till exempel säkerhet. Säkerheten bygger bland annat på hållfastheten och flamsäkerheten. Andra krav så som ekonomi och estetik är även de viktiga men behöver inte nödvändigtvis utesluta metoden om de inte ger det bästa resultatet med avseende på dessa aspekter.

5.1 Hållfasthet

Kravet på hållfasthet är det viktigaste då dukarna ofta hänger på fasader. Om en fog skulle gå sönder kan olyckor som kostar liv ske.

Ingenieurbüro Tescher GmbH har utfört test i vindtunnel. Materialet i fråga var en 10*12 m² nätvinyl. Vind på 39m/s ger en maximal kraft på 11,3 kN/m i längdled och 13,6 kN/m i kortled [12]. Enligt SMHI klassas allt över 32,6 m/s som orkan [13]. Det är svårt att säga en exakt maximal kraft som Big Images dukar kommer att utsättas för då de ofta är uppsatta mot husväggar och i fallet med fogade dukar är mycket större än de dukar som testats. 13,6 kN/m, det vill säga 0,68 kN per 5cm^{III}, är således inte tillräcklig fogstryka. Dukarna i sig har en bristningspunkt vid 2,5 kN per 5cm [14] och fogen behöver alltså inte tåla krafter över denna punkt.

Att fogen är starkare än infästningarna i fasaden som dukarna hängs upp behöver inte nödvändigtvis vara positivt. Att fogen går sönder innan duken slits bort från fasaden och på så vis låter vinden passera genom duken och minskar på kraften skulle kunna fungera som en säkerhetsventil. Detta förhindrar att duken slits loss från fasaden och flyger iväg, eller att fasaden går sönder. Kanterna på duken måste samtidigt vara tillräckligt starka för att inte halva duken ska kunna slita sig loss om fogen går sönder.

5.2 Estetik

En fog skall i de flesta fall vara så osynlig som möjligt. Detta krav är svårt att objektivt bedöma och mäta. Detta krav blir baserat på en subjektiv bedömning. Vissa saker så som bucklor i fogen vilka ger upphov till spänningar i duken ses som allvarligare än till exempel hur bred fogen är. Fogningsmetoden får inte förstöra eller deformera trycket på duken vilket även det ger upphov till en synlig fog. Att fogen inte syns är viktigare vid mindre bilder som hänger nära åskådare än vid större bilder som hänger långt upp eftersom avståndet gör det svårare att se fogen.

5.3 Process

För närvarande tar det lång tid att foga de otympliga dukarna då de bland annat måste rullas hårt för att få plats i symaskinen. Det är viktigt att hanteringstiden inte blir för lång eller att det blir en flerstegsprocess att foga materialet. Det finns för närvarande inte utrymme i lokalen för en fogningsmetod som tar upp stor stationär plats. Idealt vore

^{III} kN per 5cm är baserat på en DIN standard som används när man till exempel uttrycker hållfasthet för dukar. Denna standard kommer att användas genom hela arbetet vid beskrivning av dukens och fogens hållfasthet.

att ha en enkel och snabb process som inte tar mycket plats och endast kräver en anställd att genomföra.

5.4 Miljö

I kriteriet miljö räknas inte bara hur miljövänlig fogningsmetoden är utan även hur den påverkar arbetsmiljön på företaget. Miljövänlighet är av stor betydelse på Big Image. PVC återvinns med förbränning och den fog som används måste även den kunna återvinnas på samma vis.

Arbetsmiljön är även den något som företaget lägger mycket energi på. Bland annat märks det genom den omorganisering som gjordes på företaget då man flyttade alla maskiner för att förbättra arbetsmiljön för maskinoperatörerna. När det gäller hur processen påverkar arbetsmiljön är de anställdas säkerhet viktigast. Bullernivån på företaget är mycket låg vilket gör att en högljud process skulle vara mycket störande. Tunga lyft och repetitiva rörelser i fogningsprocessen är även något som påverkar arbetsmiljön.

5.5 Ekonomi

Processen får varken ha för höga fasta eller för höga rörliga kostnader. För att kunna sätta de fasta och rörliga kostnader i relation till varandra krävs det att man vet hur många meter fog som görs varje år. Big Image gör ungefär 1800m skarv per år på över 100 olika beställningar. Antal meter skarvning som görs under ett år beräknades med hjälp av siffror från januari till december år 2007. Dessa inkluderar dock inte antalet meter skarv som gjorts under året utan endast storleken på de färdigskarvade dukarna. För att sedan få ut antalet meter skarv gjordes antagandet att skarven alltid placerades på ett sådant vis att minst antal meter behövs skarvas.

Även arbetskostnader och kostnader förknippade med lokal så som hyra, städning och uppvärmning måste vara kända. Arbetskostnader beräknas till 200kr/h. För en process som kräver en stor maskin som tar upp stor plats läggs en del av lokalkostnaderna till i processens kostnad. En process som tar lång tid tar även upp golvyta under lång tid och får därför utöver en högre arbetskostnad en högre lokalkostnad. När det gäller en process som tar lång tid skulle man även kunna inkludera kostnaden av att inte kunna använda golvytan till andra beställningar under processtiden. Detta inkluderas inte i uträkningarna för svetsmetodernas kostnad (se kapitel 11) då kriteriet ekonomi är baserat på en ungefärlig kostnad.

Det kan även vara värt att ta i beaktning att en avskrivningstid på en dyr maskin inte får vara för lång. Framförallt då PVC-fria dukar, vilka inte nödvändigtvis kan fogas med samma maskin, kan vara ett kostnadseffektivt alternativ inom fem till tio år.

5.6 Flamsäkerhet

Dukarna som används är flamskyddsbehandlade och fogen bör därför även den uppfylla samma krav för flamsäkerhet. Här spelar det roll när det gäller tejp om tejpens är flamskyddsbehandlad eller inte. Däremot antas det att flamskyddet i dukarna inte påverkas av att dukarna har smälts samman med värme eller med högfrequenssvets.

6 Test av materialets reaktion på värme och kyla

Experimentet genomfördes genom att klippa ut provbitar av nätvinyl med storleken 30,0*5 cm². Provbitarnas längd mäts med en linjal med millimeterupplösning och storleken har därför en felmarginal på ca 0,5mm. Rumstemperaturen verifierades med en digital termometer med felmarginalen 0,05°C. Testbitarna läggs i en frys och termometerens trådgivare kläms in i springan till frysdörren. Efter 12 timmar verifieras temperaturen och provbitarna mäts med en linjal. Provbitarna läggs efter ytterligare 12 timmar in i en köksugn med termometerens trådgivare klämd i ugnsluckan. Ugnens termostat ställs till 50°C. När temperaturen stabiliserats värms provbitarna i ytterligare 10 minuter och tas därefter ut och mäts. Detta upprepas vid 100°C och 200°C (se Tabell 1).

Tabell 1 Test av dukarnas reaktion på värme och kyla med avseende på krympning på längden.

Temperatur	Nätvinyl	156 Vinyl
- 25,3°C	30,0cm	30,0cm
22,5°C	30,0cm	30,0cm
48°C	29,95cm	29,95cm
117°C	29,8cm	29,5cm
180°C	28,5cm	28,2cm

Vid 117°C^{IV} börjar hel vinyl deformera sig i bucklor. I Nätvinylen kan man se liknande tendenser men inte lika kraftiga bucklor. Vid 180°C börjar vinylen ryka och luktar fränt och valet att inte höja temperaturen till 200°C görs. Båda vinyldukarna är buckliga men hel vinyl är betydligt mer bucklig. Materialen är fläckvis smälta. När vinylen kyls behåller de båda dukarna fortfarande samma form och deformationen blir permanent. Polyestertråden som sticker ut i kanten har inte smält. Dukarna verkar inte reagera på temperaturer strax under nollpunkten.

Eftersom experimentet har flera felkällor som till exempel att mätningarna gjordes med en skollinjal ses resultatet endast som en indikation på att dukarna krymper under värme. Att räkna ut krympningsfaktorn med värdena vore missvisande.

7 Big Images svets med värmekil

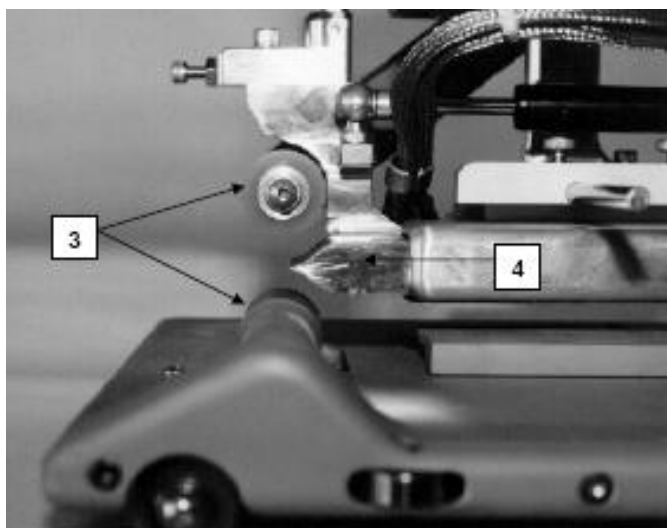
Big Image har köpt in en svets som svetsar med hett verktyg. Den är liten och kan röra sig i framåt med hjälp av skenor på golvet. I instruktionsbok står det: ”maskinen använder en het kil som värmekälla. Denna metod ger dig en rökfri och tyst operation. Kilen gör även att man kan svetsa tunnare produkter utan värmedistorsion.” [15]. Trots detta är ofta värmedistorsion som bildar bucklor som är problemet när man svetsar med denna maskin. Maskinen används inte eftersom den hela tiden måste passas för att inte dukarna ska glida isär och göra skarven ojämn. Det går ofta snabbare att sy ihop dukarna än att ta fram de skenor som maskinen behöver för att gå i en rätlinjig rörelse.

^{IV} Ugnens termostat stämmer inte överens med den verkliga temperaturen utan har vid denna temperatur differens på 17°C.

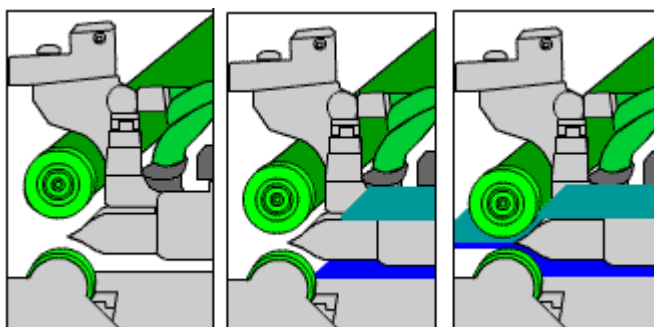


Figur 8 Svets med värmekil

De processparametrar som är variabla är temperatur, hastighet och tryck. Trycket är trycket i rullarna som sammanfogar de upphettade dukarna. Temperatur är temperaturen i värmekilen som värmer upp dukarna.



Figur 9. Rullarna som trycker ihop materialet (3) och värmekilen i svetsläge (4). Källa; Sineqco instruktionsbok [15].



Figur 10 Process vid svetsning med hett verktyg. Källa; Sineqco hemsida

Svetsmaskinen fungerar enligt Figur 10. Dukarna som matas fram av 2 rullar (nummer 3 i Figur 9) och värms upp på var sin sida av den varma kilen innan de pressas samman av matningsrullarna.

7.1 Test av *Big Images* svets

Hastighet ställs in med en ratt med en markerad skala i fot/min och temperaturen ställs in och visas digitalt. Däremot har maskinen inte har någon skala på ratten som ställer in tryck och därför görs först ett test av kraften på den översta rullen, vilket ger upphov till trycket mellan rullarna (nummer 3 i Figur 9). En dynamometer hakas fast i den övre rullen som sänks ner tills det nästan vidrör den undre rullen. Som utgångspunkt väljs den maximala kraften som enligt dynamometern är 11,75 N. Efter att ratten snurras 4 varv är kraften 8,75 N och efter 7 varv 5 N. Alltså fungerar tryckreglaget då kraften ändras när man vrider på reglaget. Trycket valdes att ställas in på den maximala kraften på 11,75 N eftersom dukarna är relativt tunna jämfört med den maximala tjockleken som kan svetsas i maskinen.

För att försäkra sig om ett bra resultat rengörs först värmekilen genom att den hettades upp till 510°C under 10 minuter vilket gör att allt smuts bränns bort varpå kilen borstas rent med en kopparborste. Testet utförs med nätvinyl då skarven syns bättre genom hålen i vinylen jämfört med den heltäckande vinylen.

Tabell 2 Test av inställningar av temperatur och hastighet för svets med värmekil

Temperatur	Hastighet	Resultat
200°C	40 fot/min	Smälte inte duken tillräckligt för att smälta ihop en fog.
200°C	15 fot/min	Svetsar inte jämt, vissa delar ser inte helt svetsade ut
300°C	40 fot/min	Bucklig i början bra mot slutet
300°C	15 fot/min	Extremt bucklig trots en relativt jämn fog.
400°C	40 fot/min	Ok. Värmer lite för mycket de första centimetrarna
400°C	15 fot/min	Materialet hinner bränna sönder även polyestern vilket missfärgar fogen

Att duken bucklar sig i början vid inställningen 300°C och 40 fot/min och inställningen 400°C och 40 fot/min visar på att temperaturen i rullarna inte är jämn utan minskar efter att ha fogat cirka 10 cm av duken. Detta troligtvis på grund av övervärme som alstras i värmekilen efter att den värmts upp men ännu inte använts.

Svetsfogen blir jämnare vid högre hastigheter vilket kräver högre temperatur för att duken ska hinna smälta. Detta gör även att tiden det tar att svetsa dukarna blir mindre. En hastighet på 40 fot/min väljs. Denna hastighet kräver enligt experimentet en temperatur mellan 300°C och 400°C. För att vara säker på att svetsfogarna är väl fogade över hela sträckan väljs en temperatur på 370°C. Med hastigheten inställd på 40 fot/min hinner inte förstärkningen av polyester, som finns inuti duken, att smälta.

7.2 Påverkan på arbetsmiljö vid användning av svets med värmekil

Golvbranschen har tillsammans med leverantörer av mattor låtit SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, tidigare Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut och Statens Provningsanstalt) mäta att innehållet i svetsröken, som bildas vid svetsning av mattor, inte överskrider några arbetshygieniska gränsvärden. Enligtrapporten från SP är röken enligt de uppsatta gränsvärdena ofarlig [16].

Till skillnad från företag som jobbar med mattsvetsning sker svetsning inte dagligen på Big Image. Jämfört med de lokaler som mattläggare vanligtvis jobbar i är Big Images lokaler dessutom större och har bättre luftcirkulation. Vid mattläggning kan man tydligt se en relativt tjock gråaktig rök jämfört med den mycket svaga lukt som vid vissa tillfällen kan uppstå när Big Images svets med värmekil används.

Trots att dukarna som används i tryckindustrin inte innehåller samma blandning av PVC som PVC-mattor kan man anta att provet som utförts för golvbranschen är applicerbart även för tryckindustrin, dvs. att det inte kommer att påverka hälsan för de anställda att svetsa PVC-dukarna med hjälp av svetsen med värmekil på Big Image.

7.3 Hur löser andra problemet med värmedistorsion?

Då man svetsar tunn metall som expanderar av värme använder man sig av en teknik som kallas för stich-wealding och går ut på att man till svetsar en delsträcka för att sedan låta bli att svetsa nästa delsträcka och sen svetsar man en delsträcka igen osv. Detta bildar mönstret av stygn och ger en lite större svetsyta än punktsvetsning men inte lika stor svetsyta som vanlig svetsning ger.

Maskiner specialiserade på att svetsa mjuk PVC trycker oftast ihop eller på annat vis fixerar dukarna tills fogen har kallnat. Detta gör att påverkan av värmedistorsion minskar på materialet.

7.3.1 Går dessa lösningar att inkorporera i Big Images svetsutrustning?

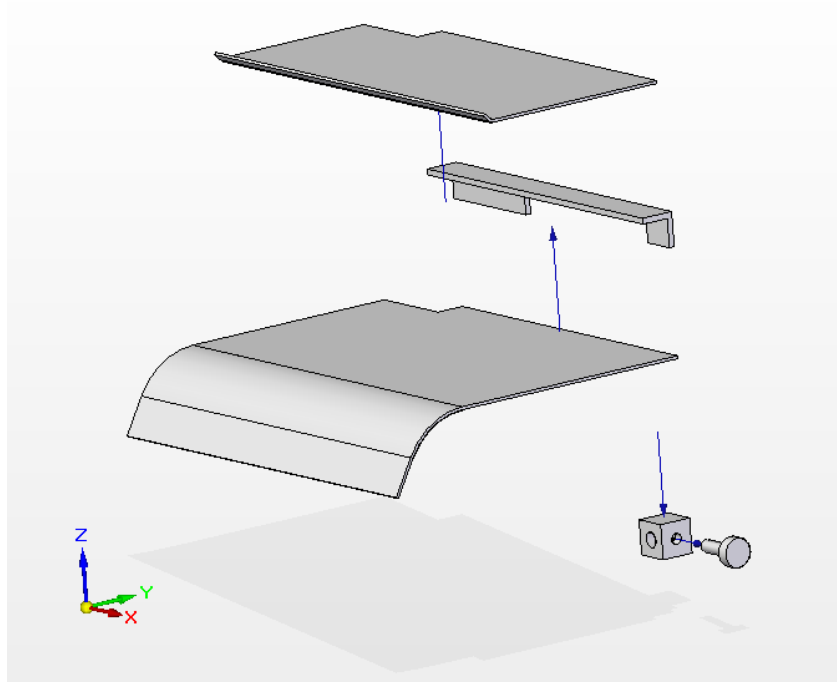
För att testa om stich-wealding fungerade med denna svets användes spaken som för den varma kilen fram och tillbaka mellan svetsläget och ett läge som håller kilen ifrån duken. Detta gav ett resultat liknande stich-wealding. Då de två dukarna som fogas samman matas fram olika mycket i de mellanrum de inte svetsades blir resultatet sämre än en vanlig svetsning. Bucklor mycket större än vanligt bildas. När dukarna sträcks med hjälp av en kraft rätvinklig mot fogens riktning blir det buckliga resultatet extra tydligt då de två sammanfogade dukarna särar på sig i olika riktningar i de partier som inte är svetsade.

Duken hålls i fallet med högfrekvenssvetsning (se 3.2.2) nere för att materialet ska hållas sträckt. Det är svårt att göra något som håller nere duken med tryck tills det att plasten svalnat när det gäller Big Images svets. Däremot finns det andra lösningar på att hålla dukarna sträckta under processen. Ett exempel på detta är att tillverka en riktare. En riktare kan både hålla dukarna sträckta och hjälpa till att styra matningen av dukarna i en rak linje för att ge en jämbred fog.

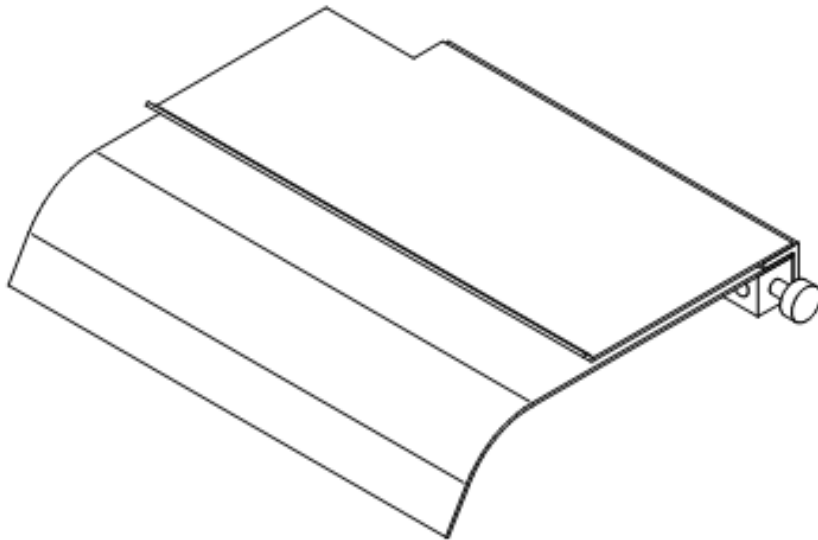
7.4 Tillverkning av riktare till värmesvets

För att undvika att dukarna glider isär och att materialet hålls sträckt görs en riktare som sätts på maskinen. Denna riktare består två plåtar som skärs ut för att passa in i maskinen. Den översta plåten bockas lätt i kanten vilket bildar en springa som gör att duken lättare kan föras in mellan plåtarna. En vinkellist skärs ut för att kunna ligga rak emot den yta i maskinen som duken förflyttas över. Listen popnitas fast mellan de två plåtarna. Ett fäste med ett hål och en låsskruv sätts fast i ena kanten (Figur 11, Figur 12).

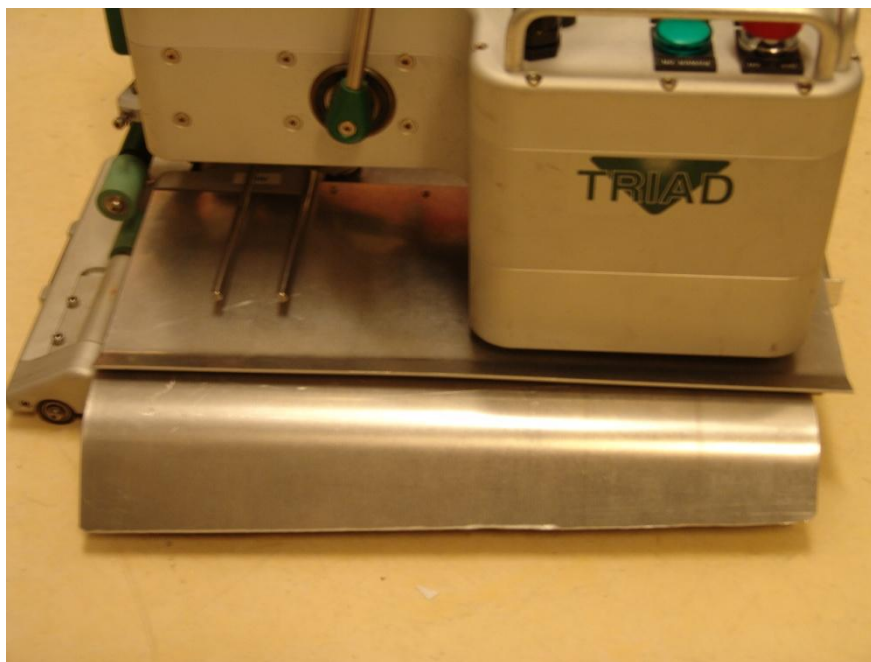
Riktaren monteras på svetsmaskinen genom att fästet spänns med hjälp av låsskruven kring en redan existerande stång på maskinen (Figur 13). Riktaren har inte bara avsikten att förhindra att duken glider åt sidan vilket skapar en ojämn fog, utan sträcker även duken. Detta görs då rullarna som sitter strax bakom värmekilen drar duken framåt samtidigt som det smala utrymmet mellan dukarna håller emot och sträcker duken.



Figur 11 Sprängskiss av riktare. Överst; Överplåt med kort böj vilken bildar springa för duken. Mitten; vinkellist med utskärning för att passa in i maskinen. Underst; Underplåt med böj ner mot golvet. Till höger; Fästanordning med låsskruv för montering på svetsmaskin.



Figur 12 Ritning av den färdiga riktaren.



Figur 13 Den färdiga riktaren monterad på svetsmaskinen. Orientering med fästet till höger på bilden.

8 Tejpning och limning

Tejpen måste binda med mjuk PVC och hålla för påfrestningar i form av vind, regn och sol. Det ska även ha en livslängd liknande den livslängd som duken har, det vill säga minst 7 år [14]. Tiden det tar för tejp eller limmet att härda får inte vara för lång då materialet kommer ta upp plats så länge tejp eller limmet härdat. De ska kunna appliceras i rumstemperatur och tåla både kyla och värme när det väl är applicerat. Då dukarna i sig är flamskyddsbehandlade krävs det att även tejp är

flamskyddsbehandlad eftersom allt måste följa samma säkerhetskrav. Även miljöaspekten måste undersökas så att tejpens kan återvinnas på samma sätt som plasten.

Sveriges kanske största företag när det gäller tejp och lim är 3M. 3M gav förslag på flera olika tejp och lim som skulle kunna användas enligt de krav som ställs. För en enkel applicering, under fogningsprocessen på Big Image, väljs tejp istället för lim.

Två dubbelhäftande tejp från 3M väljs ut med hjälp av rekommendationer från anställda på 3M och leverantörer [17,18]. 5925F är en mycket formbar svart tejp med slutna celler med bra vidhäftning mot de flesta substrat enligt 3M:s produktdatablad [19]. 4945F är en liknande tejp men är enligt produktdatabladet speciellt bra när det gäller mjuk PVC [20]. Dock påpekas det att tejpens måste testas eftersom all mjuk PVC har olika tillsatser vilket gör det omöjligt att avgöra tejpens vidhäftningsstyrka på förhand.

Tidigare har även en dubbelhäftande tejp från en annan tejp tillverkare, Stockvis, valts ut på Big Image som tejpats en provbit för cirka 6 månader sedan. Tejpens består enligt produktkatalogen av en polyesterfilmbärare och ett lösningsmedelbaserat modifierat akryllämne och är lämplig för sammanfogning och skarvning av vinylfilm [21]. Inga av dessa tejp är flamskyddsbehandlade.

8.1 Åldring av tejp

Enligt forskare på 3M kan hållfastheten för tejp efter full härdtid försämrats på grund av de mjukgörande ämnen som mjuk PVC långsamt ger ifrån sig. För att försäkra sig om att tejpens hållfasthet även uppfyller kraven då tejpens åldras måste även detta testas. Detta görs genom att de tejpade dukarna läggs i en ugn i 70°C under 3 dygn vilket ger samma effekt som att låta de tejpade dukarna åldras i 6 månader [17].

Provbitar av nätvinyl och hel vinyl med storleken 30*30cm² klipps ut och skärs itu på mitten. Provbitarna tejpas sedan med en av tejpens sorterna och var tejpens sort används två gånger för att ge ett referensprov som inte åldras. De tejpade provbitarna läggs på varandra i ugnen och smörgåspapper används för att avgränsa de olika proverna. Över och under proverna läggs ugnsplåtar för att skydda mot direkt värme från värmeaggregatet i ugnen. Proverna värms i ugnen under tre dygn i 70°C med över- och undervärme.

Experimentet med åldring av tejp gjordes i en vanlig köksugn vars termostat har en felmarginal på cirka 15 grader. Även om temperaturen kontrollerades med en extern termometer kan det finnas variationer över en tid på 3 dygn. Detta gör det svårt att avgöra hur mycket plasten åldrats.

Även faktorer så som att flera plastdukar lades ovanpå varandra med smörgåspapper och utan luft emellan kan även vara faktorer som påverkar experimentet. De dukar som låg underst blev missfärgade i ugnen, troligtvis på grund av att de blev brända av att ligga för nära ugnens värmeaggregat. Att använda sig av endast övervärme i ugnen skulle kunna förhindra att detta skedde.

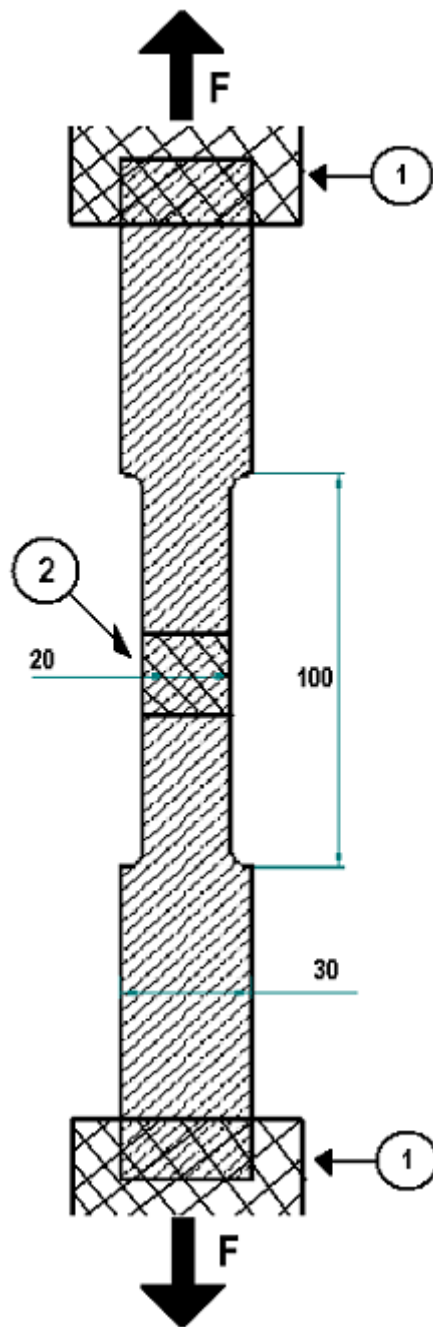
De tejpade dukarna borde genomgå ett experiment som åldrar dem 7 år men tyvärr finns inte den möjligheten. Testet ses istället som en indikation på hur tejpens i kombination med dukarna reagerar på att åldras.

9 Test av hållfasthet

För att testa hållfastheten gjordes ett dragtest. Testet utfördes endast med skarven perpendikulär till dragkraften. Provbitar klipptes ut enligt Figur 14 och fästes in i dragprovsmaskinens infästningsanordning som bestod av två plattor som trycktes mot varandra. Då midjan är cirka 20 mm finns risken att provbiten håller sämre än vad den riktiga duken skulle klara av eftersom en tendens till rivning kan uppstå i kanterna.

Testet utfördes med en statisk kraft (F i Figur 14), även detta kan påverka hur väl resultatet av testet stämmer överens med verkligheten. Vindens kraft på dukar kan både vara statisk och dynamisk. En duk som inte är sträckt utsätts för mer dynamiska krafter då duken fladdrar i vinden. Ett antagande att dukarna är relativt sträckta då de monteras på husvägar görs och ett statiskt test anses pålitligt.

De båda vinyldukarna är i fallet med värmekil båda svetsade med inställning på 40 fot/min och 370°C (se 7.1). Stockvis tejp testas endast efter åldring i 6 månader då ett jämförande senare prov inte finns.



Figur 14 Provbit. Infästning till dragprovsmaskin (1), Skarv (2)

Tabell 3 Test av hållfasthet

Nr	Material	Typ av fog	Kommentar	Testbredd	Maxlast	Maxlast per 5cm
13716	Hel vinyl	3M tejp 4945F		20 mm	0,215 kN	0,54 kN
13717	Hel vinyl	3M tejp 4945F efter ugn		20,5 mm	0,207 kN	0,50 kN
13722	Nätvinyl	3M tejp 4945F		23,5 mm	0,120 kN	0,26 kN
13726	Nätvinyl	3M tejp 4945F efter ugn		21,5 mm	0,144 kN	0,33 kN
13719	Hel vinyl	3M tejp 5925F		21 mm	0,213 kN	0,51 kN
13724	Hel vinyl	3M tejp 5925F efter ugn		21 mm	0,165 kN	0,39 kN
13723	Nätvinyl	3M tejp 5925F		22,5 mm	0,169 kN	0,38 kN
13721	Nätvinyl	3M tejp 5925F efter ugn		19 mm	0,157 kN	0,41 kN
13725	Hel vinyl	Stockvis tejp		21 mm	0,200 kN	0,48 kN
13718	Hel vinyl	HF-svets	Gick av intill svetsningen	21 mm	0,774 kN	1,84 kN
13728	Nätvinyl	HF-svets	Gick vid ett första försök av vid infästningen	21,5 mm	0,556 kN	1,29 kN
13720	Hel vinyl	Värmekil	Gick av bredvid svetsningen	21 mm	0,715 kN	1,70 kN
13727	Nätvinyl	Värmekil	Gick av intill svetsningen	22 mm	0,565 kN	1,28 kN

Som framgår av Tabell 3 går dukarna sönder innan 2,5 kN per 5cm vilket är dukarnas hållfasthet enligt produktspecifikation. Detta skulle kunna tyda på att fogens hållfasthet för högfrequenssvets och svets med värmekil egentligen är upp mot 2,5 kN men att dukarna rivs upp i kanterna. Ett test i en maskin som klarar bredare dragprov skulle troligtvis ge ett mer korrekt resultat. Tejpen kan efter att den börjat gå sönder fortfarande ta upp en del last till skillnad från då duken eller fogen gjord med högfrequenssvets går sönder (se bilaga 1).

Resultatet av testet visar att högfrequenssvetsning och svets med värmekil är de enda fogningsmetoderna som ger en tillräckligt hållfast fog. Tejpen med bäst resultat har ger en fog med hållfasthet på 0,54 kN per 5 cm jämfört med 1,70 kN per 5 cm för svets med värmekil och 1,84 kN för högfrequenssvetsning.

10 Resultat

Att tejpa dukarna har fördelar så som att man slipper flytta på duken från golvet då man tejpar. Även om processen kan verka snabb finns det flera extra moment som tillhör att tejpa. Moment så som att rengöra duken innan och att trycka ner fogen med en roller efteråt är även de tidskrävande. Utgår man från att fogen ska hålla lika bra som duken i övrigt klarar tejpen inte kravet på hållfasthet. Dessutom framgår det av Tabell 3 att

tejpens vidhäftningsstyrka minskar då den åldras. Då det finns många variabler som påverkar tejpens vidhäftningsstyrka kan fogen i värsta fall ha ännu sämre hållfasthet om man på vissa delar inte använt sig av ett tillräckligt stort tryck vid applikation, eller om man inte rengjort duken ordentligt.

Att köpa in en HF-svets kostar mycket och tar framförallt mycket plats i lokalen. Processen är repetitiv och tunga lyft kan förekomma då dukarna måste lyftas upp på bordet för att svetsas. Alternativet med outsourcing av svetsningen blir dyrt och förlänger Big Images leveranstid.

Då Big Image redan äger en maskin som svetsar med en varm kil är detta den billigaste metoden för företaget. Med den nya riktaren behöver man inte trycka in dukarna under processen. Problemet med att maskinen inte går rakt om man sätter den på golvet utan skenor kvarstår dock.

Experimentet med temperatur och hastighet visar på att en inställning på 40 fot per minut och en temperatur på mellan 300°C och 400°C fungerar bra.

Det kan hjälpa att ha en inkörssträcka till själva fogen som inte ska vara med i den slutgiltiga bilden genom att foga dukarna innan de klipps till i rätt storlek. Nackdelen att klippa större och mer otympliga dukar övervägs av fördelen att kilens temperatur förhindras bli för hög i början och bilda bucklor i bilden.

Det är även viktigt att man överlappar dukarna minst 5 centimeter innan man skarvar enligt instruktionsboken. Då förhindrar att dukarna glider isär och bildar en för smal svetsfog.

Maskinen tar ingen plats och kräver inga tunga lyft av dukar då den kan användas på golvet. Däremot är maskinen relativt tung och ett moment kommer att bli att plocka fram maskin och förlängningssladd.

Själva fogen, då man svetsar hel vinyl, syns i obetydlig grad eftersom maskinen värmer insidan av fogen och utsidan lämnas intakt. Detta kan jämföras med högfrequenssvetsen där fogen värms rakt igenom och blir synlig från utsidan.

11 Slutsats

Uträkningarna för kostnad beräknas här med 1800m svetsfog per år, medellängd för svetsfog på 20 meter och en tejkostnad på 10 kr per meter (inköpspriset för tejp beror på tejsort). För inköp av högfrequenssvets används annuitetsmetoden med 10 års avskrivningstid och 6 % ränta.

Svetstiden är uppskattad till:

- 2 timmar per 20 meter för högfrequenssvetsning, fogningsmetoden kräver att dukarna läggs på plats på bord innan svetsningen kan börja.
- 1 timme per 20 m för tejpning, denna fogningsmetod kan göras med dukarna liggande på golvet men kräver en tvåstegsprocess där tejpens först sätts fast på ena sidan för att sedan fogas ihop med andra sidan.
- 1 timme per 20 meter för svetsning med varmt verktyg, maskinen måste tas fram men kan sedan svetsa fogen i en enstegsprocess.

Detta är endast en grov uppskattning då svetstiden per meter inte är konstant utan beror på hur stora dukar som måste hanteras och hur lång svetsfog som görs.

Högfrekvenssvetsning:

Negativt: Mycket hög inkaffningskostnad, platskrävande

Positivt: Snygg fog, lätt och smidig fogningsprocess.

Kostnad: Maskinkostnad 55kr/m + arbetskostnad 20kr/m

Hållfasthet: Minst 1,84 kN per 5 cm för hel vinyl då duken gick sönder innan fogen och 1,29 kN per 5 cm för nätvinyl.

Estetik: Jämbred fog utan bucklor. Trycker dock ihop materialet vilket ger en relativt synlig 3cm bred fog i fallet med hel vinyl.

Outsourcing av skarvning:

Negativt: Tidskrävande att transportera mellan olika företag, ger en relativt hög rörlig kostnad.

Positivt: Inga fasta kostnader, tar ingen plats alls.

Kostnad: Transportkostnad 32kr/m + skarvmeterpris 18kr/m, inga extra arbetskostnader för Big Image

Hållfasthet: Skarvningen sker med högfrekvenssvets så hållfastheten blir samma som föregående

Estetik: Skarvningen sker med högfrekvenssvets så estetiken blir samma som föregående.

Tejpning:

Negativt: Ger en rörlig kostnad i form av inköpspris av tejp.

Positivt: Lätt och smidig fogningsprocess, inga höga fasta kostnader

Kostnad: Inköpspris 10kr per meter + arbetskostnad 10kr/m

Hållfasthet: Mellan 0,39–0,54 kN för hel vinyl och 0,26–0,41 kN för nätvinyl. Detta klarar inte kravet på hållfasthet.

Estetik: Fogen ser bra ut ingen tendens till bucklighet.

Svetsning med varmt verktyg:

Negativt: Ger till viss del en värmedistorsion i materialet.

Positivt: Endast kostnad av arbetskraft då maskinen redan finns och ingen rörlig kostnad förutom en försumbar elkostnad tillkommer.

Kostnad: 0kr/m + arbetskostnad 10kr/m

Hållfasthet: Minst 1,70 kN för hel vinyl och minst 1,28 kN för nätvinyl. Duken gick i båda fallen sönder innan fogen.

Estetik: Fogen ser bra ut, maskinen lämnar inga märken efter sig. Viss bucklighet är synlig.

11.1 Förslag till fortsatt arbete

Det kvarstår ett problem med Big Images maskin som svetsar med het värmekil då den inte går rakt om man kör maskinen framåt på golvet. Det bästa vore om man kan låta maskinen svetsa dukarna utan övervakning och vara säker på att den kommer att gå rakt på golvet.

Detta problem skulle kunna lösas på flera olika sätt. Enklast möjligast vore dock att använda sig av de material och metoder som redan finns på företaget. En metod som används för att hålla fast dukar i rätt positioner är att nåla fast dem på golvet. Man skulle på liknande vis antingen nåla fast de linjaler av metall som finns eller de gummilister som ibland används till kanter på dukar. Detta skulle bilda ett spår som maskinen kan följa. Då maskinens undersida endast är en halv centimeter från golvet går det endast att sätta dessa spår på utsidan och inte på insidan. Hjulen har relativt mycket spelrum och kommer troligtvis att självjustera och räta ut maskinens riktning om de stöter emot kanterna på en eventuell list.

11.2 Avslutning och reflektioner

Vid brist på information har vissa antagande gjorts. Bland annat gjordes antagandet att flamsäkerheten inte påverkas efter att dukarna har svetsats med värmekil. Då flamsäkerheten är viktig bör flamsäkerheten i de svetsade skarvarna undersökas vidare.

Då det inte gjordes ett dragprov av endast duk utan skarv är det svårt att avgöra om tester då duken gått av intill skarven beror på att svetsfogen försvagat duken.

Tyvärre syns fogarna och dukarna dåligt på fotografier vilket är anledningen till att det inte finns med bilder, på bucklor och sneda fogar, till texten.

Tester på maskinen som svetsar med värmekil gjordes innan riktare tillverkades. Dukarna gled isär och bildade en ojämnt bred fog vilket gjorde det svårt att avgöra vilka bucklor som uppkommit på grund av värmedistorsion och vilka bucklor som uppkommit av den ojämna fogen. Detta gjorde att flera tester fick upprepas. Det har varit svårt att få tag i berörda personer på större företag. Bland annat har det varit svårt att få tag i rätt person på 3M och flera av de företag utomlands som tillverkar stora svetsmaskiner.

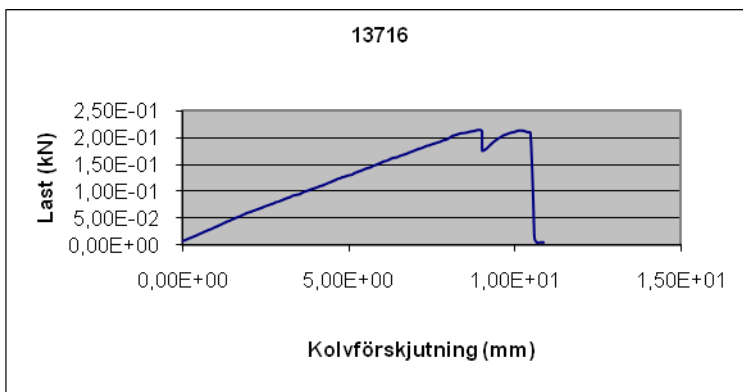
12 Källförteckning

1. Big Image, Om företaget, www.bigimage.se (2008-12-12)
2. Campbell, I. M. (2000). *Synthetic Polymers* (éd. 2nd Edition). Oxford New York: Oxford University Press.
3. Patrick, S. (2005). *Practical Guide to Polyvinyl Chloride*. Smithers Rapra.
4. PVC Forum, Om PVC. <http://www.pvc.se/Om%20PVC/Tillverkning.htm> (2009-02-02)
5. La Mantia, F. (1996). *Recycling of PVC and Mixed Plastic Waste*. ChemTec Publishing.
6. Edshammar, L.-E. (2005). *Bearbetning från A till Ö*. http://www.plastnet.se/iuware_files/user/plastnet.se/pdf/bearbetning_a-o/05-08_53_61.pdf (2009-01-04)

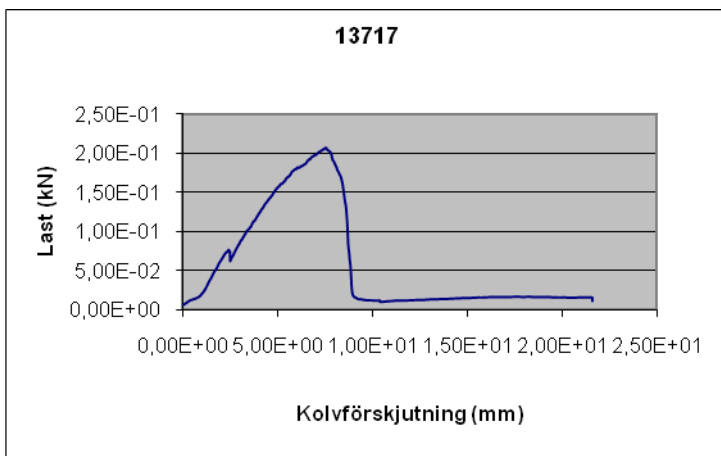
7. Forsström. *Forsströms hemsida*. <http://www.forsstrom.com> (2009-12-03)
8. Säljare, Forsström
9. Edshammar, L.-E. (2006). *Plastforums lilla lathund*.
http://www.plastnet.se/iuware_files/user/plastnet.se/pdf/Lathund06.pdf (2009-01-04)
10. Medarbetare, OB Wiik
11. Medarbetare, Sköldens industrier
12. GmbH, I. T. (2003). *Statische Berechnung Pr 1236/1&2*.
13. SMHI, *Orkaner och tropiska orkaner*. (2008, September 8).
<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=10059&a=30581&l=sv> (2009-02-17)
14. VERDEIDAG-INDUTEX , products/seemee
http://www.vsindutex.de/english/index_seemee.htm (2009-02-17)
15. Sineqco. TRIAD WEDGE WELDING SYSTEM OPERATING INSTRUCTIONS:
<http://www.sineqco.com/products/admin/images/instructions/TRIAD-manual.pdf> (2009-02-02)
16. Lorén, A., & Rosell, L. (2008). *Yrkeshygieniska exponeringsmätningar på en golvläggare under arbete med fräsning och svetsning av PVC-matta*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskingsinstitut.
17. Anställd på R&D, 3M
18. Säljare, återförsäljare av 3M produkter
19. 3M, Produktdatablad 5925F:
<http://multimedia.3M.com/mws/mediawebserver?66666UuZjcFSLXTtl8&ym8&yEVuQEcuZgVs6EVs6E666666--> (2009-02-02)
20. 3M, Produktdatablad 4945F:
<http://multimedia.3M.com/mws/mediawebserver?66666UuZjcFSLXTtoXM6NX46EVuQEcuZgVs6EVs6E666666--> (2009-02-02)
21. Stockvis, *Stockvistapes* Produktdatablad PV1163
http://www.stokvistapes.net/prodat/pdf/pdf/1126_8232/PV1163.pdf (2009-02-02)

13 Bilaga 1; Dragprov av fogade testbitar

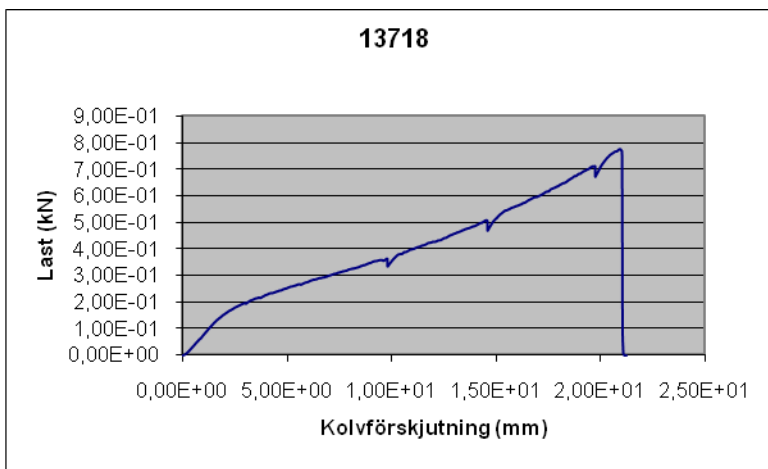
Figur 15 Provnummer 13716. Dragprov av hel vinyl fogad med tejp 4945F från 3M. Avbrottet i kurvan beror på att tejsen går sönder delvis men fortsätter att ta upp last.



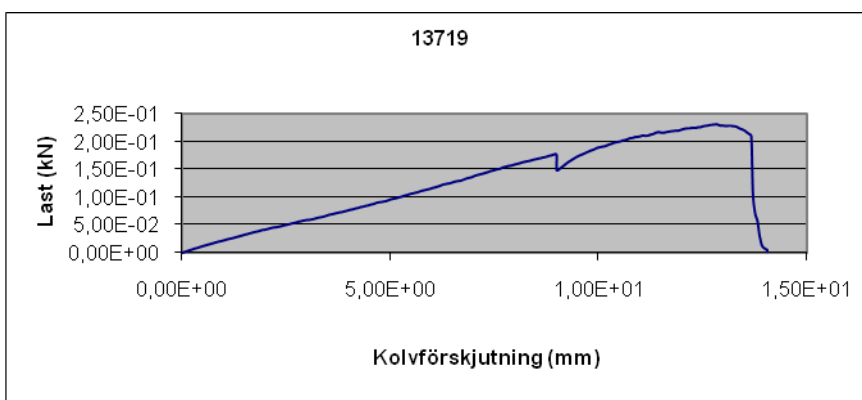
Figur 16 Provnummer 13717. Dragprov av hel vinyl fogad med tejp 4945F från 3M vilket åldrats i 6 månader. Ojämheter i kurvan beror på att lasten lades på manuellt och uppehåll gjordes då skärmen uppdaterades. Kurvan är inte vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejsen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp last.



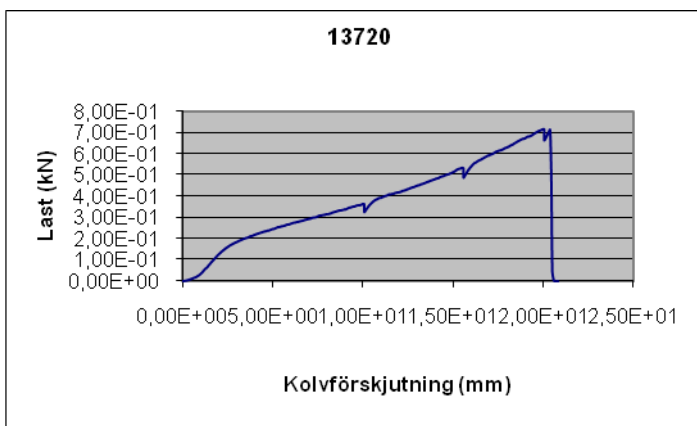
Figur 17 Provnummer 13718. Dragprov av hel vinyl fogad med HF-svets. Ojämheter i kurvan beror på att lasten lades på manuellt och uppehåll gjordes då skärmen uppdaterades. Kurvans vertikala lutning efter maximum visar att duken gått sönder helt och inga kontaktpunkter mellan de två fogade bitarna finns kvar.



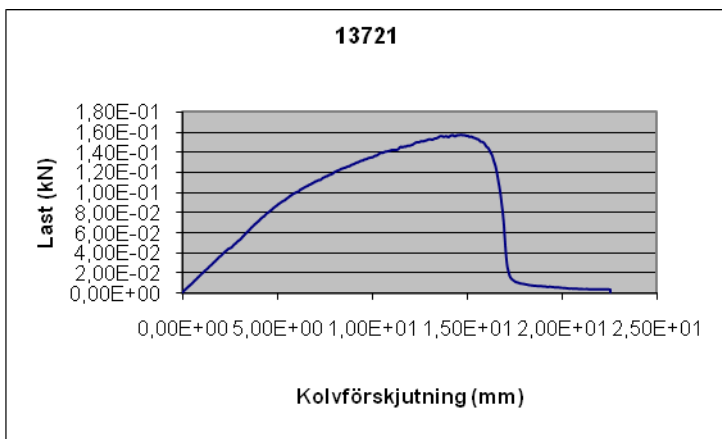
Figur 18 Provnummer 13719. Dragprov av hel vinyl fogad med tejp 5929F från 3M. Kurvan är inte helt vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejpens gör sönder delvis men fortsätter att ta upp viss last. Ojämheter i kurvan beror på att lasten lades på manuellt och uppehåll gjordes då skärmen uppdaterades.



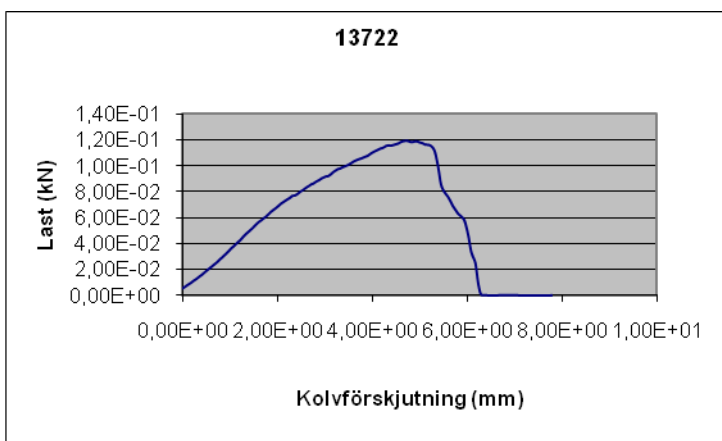
Figur 19 Provnummer 13720. Dragprov av hel vinyl fogad med svets med värmekil. Kurvans vertikala lutning efter maximum visar att duken gått sönder helt och inga kontaktpunkter mellan de två fogade bitarna finns kvar. Ojämheter i kurvan beror på att lasten lades på manuellt och uppehåll gjordes då skärmen uppdaterades.



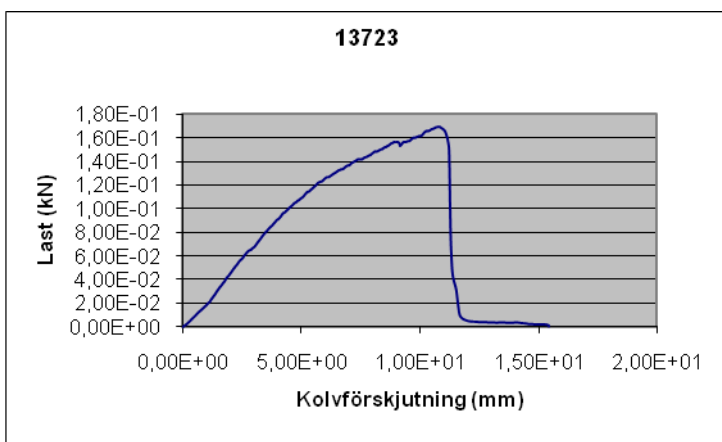
Figur 20 Provnummer 13721. Dragprov av nätvinyl fogad med tejp 5925F från 3M vilket åldrats i 6 månader. Kurvan är inte vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp last.



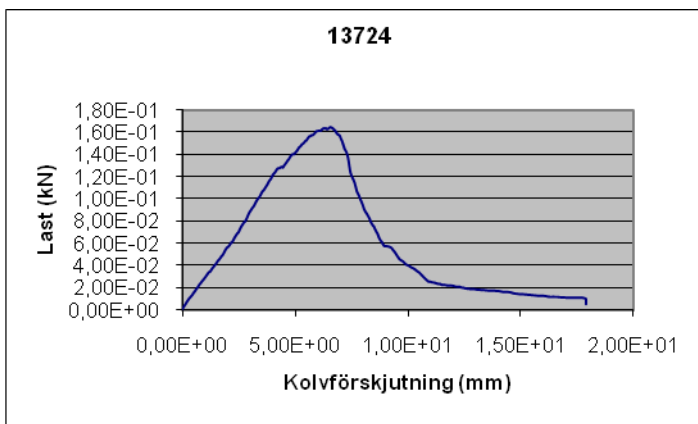
Figur 21 Provnummer 13722. Dragprov av nätvinyl fogad med tejp 4945F från 3M. Kurvan är inte vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp last.



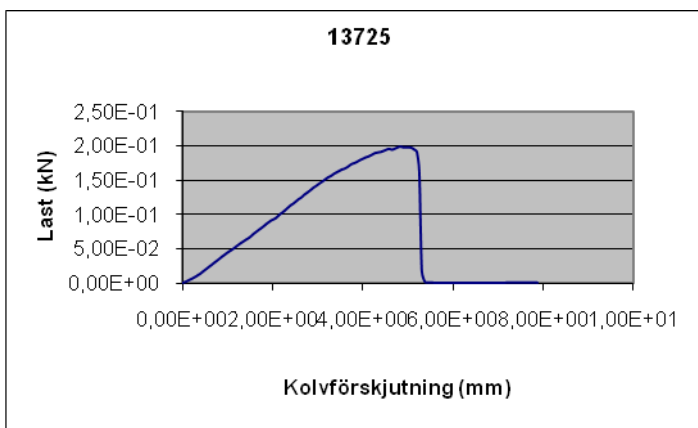
Figur 22 Provnummer 13723. Dragprov av nätvinyl fogad med tejp 5925F från 3M. Kurvan är inte helt vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp viss last.



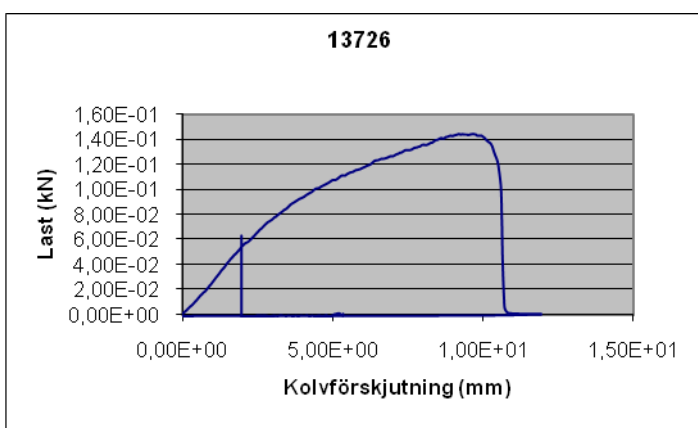
Figur 23 Provnnummer 13724. Dragprov av nätvinyl fogad med tejp 4945F från 3M vilket åldrats 6 månader. Kurvan är inte vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp last.



Figur 24 Provnnummer 13725. Dragprov av hel vinyl fogad med Stockvis tejp vilket åldrats i 6 månader. Fogen gick sönder under en kort tid vilket visas av den nästan vertikala lutningen på kurvan efter maxlast.

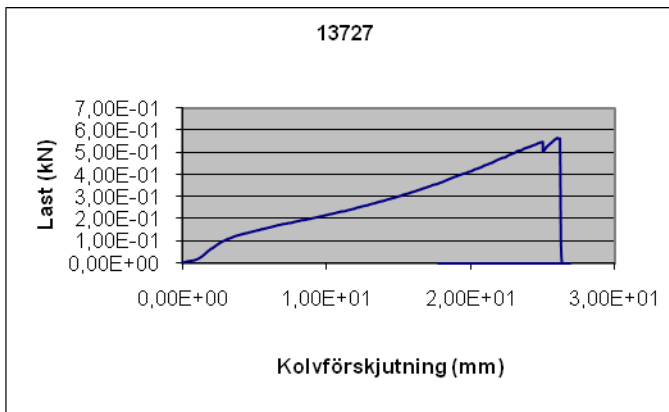


Figur 25 Provnnummer 13726. Dragprov av nätvinyl fogad med tejp 4945F från 3M vilket åldrats i 6 månader. Kurvan är inte vertikal efter maximala lasten vilket beror på att tejen gör sönder delvis men fortsätter att ta upp last. Den extra vertikala kurvan beror på att maskinen inte stängdes av medan provet lossades.



Figur 26 Provnnummer 13727. Dragprov av nätvinyl fogad med svets med värmekil. Kurvans vertikala lutning efter maximum visar att duken gått sönder helt och inga kontaktpunkter mellan de två fogade

bitarna finns kvar. Ojämheter i kurvan beror på att lasten lades på manuellt och uppehåll gjordes då skärmen uppdaterades.



Figur 27 Provnnummer 13728. Dragprov av nätvinyl fogad med HF-svets. Den undre kurvan är ett första försök då provbiten gick av i infästningen. Den övre kurvan har en brantare lutning eftersom duken redan har töjts ut. Detta visar på att duken inte går tillbaka till sin ursprungliga form direkt efter den töjts ut. Fogen går sönder långsamt och tar upp last efter den börjat gå sönder vilket visas av att kurvan efter maxlast inte är vertikal.

