


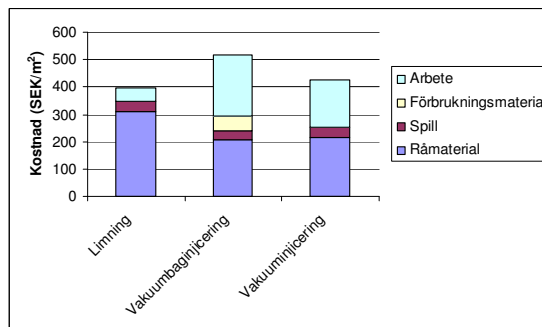
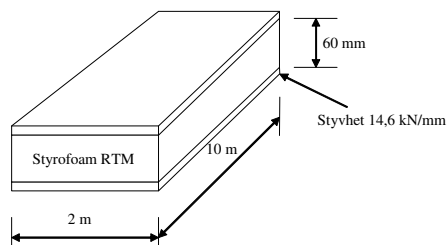
Projektnummer D4.089.48	Kund Lätta självbärande karossmoduler	Rapportnummer TR08-009			 SICOMP
Datum 2008-10-27	Referens Aktivitet 4.8 Produktionsteknik	Revision			
Registrerad LS	Utfärdad av AH	Granskad av RLu	Godkänd av RLu	Klassificering Open	

Jämförelse mellan vakuuminjicering och limning

J. Anders Holmberg

Sammanfattning

Tillverkningsmetoderna limning och injicering jämförs för en vald typs sandwich för att ge en indikation på hur kostnader och vikt byggs upp för de olika teknikerna. Jämförelsen bedöms som representativ för paneler i storlek ~4-60 m² med enklast möjliga geometri och är gjord med billigast möjliga material. För båda metoderna gäller både vikt och kostnad för färdigmålad panel.



Riktvärden:

- Limmad panel: Vikt 8,9 kg/m² Pris 510 SEK/m²
Vakuumbaginjicerad panel: Vikt 6,7 kg/m² Pris 600 SEK/m²
Vakuuminjicerad panel: Vikt 7,2 kg/m² Pris 510 SEK/m² + investering i skalverktyg.

Nyckelord:

Distributions lista (endast för konfidentiella rapporter)

Organisation	Namn	Kopior

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of SICOMP AB. In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations are subject to the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted. © 2008 SICOMP AB.

Innehåll

	Sida
1. Allmänt	3
2. Liming	4
2.1. Kommentarer	4
3. Injicering	6
3.1. Kommentarer	7
4. Jämförelse kostnadsslag	7

Bilaga A – Underlag

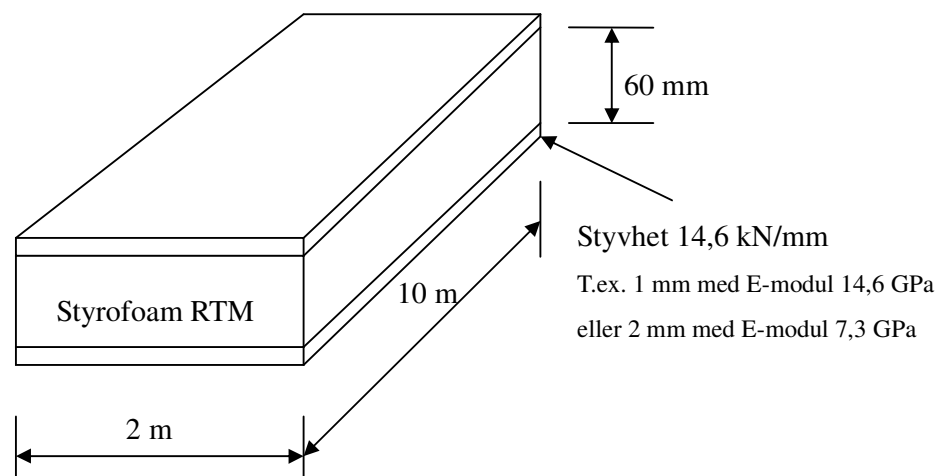
Antal Sidor
1

1. Allmänt

Jämförelsen mellan limning och injicering görs för en vald typsandwich för att ge en indikation på hur kostnader och vikt byggs upp för de olika teknikerna samt för att ge information om speciella karaktäristika som är kopplade till valet av tillverkningsmetod.

Förutsättningarna för kostnadsanalysen är:

- Tillverkningen antas vara intrimmad och någorlunda seriemässig (~1-10 komponenter per skift).
- Sandwichpanelens geometri antas vara enkel, i huvudsak plan och rektangulär. Kostnadsanalysen är representativ för tillverkning av paneler i storlek ~4-60 m². För små paneler kommer arbetskostnaden att underskattas och för stora paneler blir den överskattad.
- Billigast möjliga material används för repektive teknik
- Kostnad och vikt gäller för färdiglackad komponent
- Mantid räknas som 500 SEK/h
- Endast komponentspecifika kostnader inkluderas. Lokalkostnader m.m. exkluderas.
- Typsandwichen definieras i Figur 1. Täcksiktet kan t.ex. bestå av ett 2 mm laminat med E-modul 7,3 GPa (Vetroresina G900) eller 1 mm laminat laminat med E-modul 14,6 GPa (injicerat laminat med multiaxiell glasfiberarmering).



Figur 1. Typsandwich för kostnadsanalys

2. Liming

Komponentspecifika investeringar: Linjaler (vid små serier)

Monteringsfixtur (vid stora serier)

Kapitalkostnad för limrobot ej medräknad.

Materialkostnad								
Beskrivning	Specifikation	Enhet	Antal enheter	Vikt/enhet (kg/#)	Kostnad/enhet (SEK)	Spill (%)	Vikt (kg)	Kostnad (SEK)
Ytskikt utsida	Integrerat i täcksikt							
Yttre täcksikt	Vetroresina 2 mm	m ²	20	3	100	10%	60.0	2200
Lim	PUR	m ²	20	0.27	12.5	0	5.4	250
Kärna	XPS RTM 60 mm	m ³	1.2	40	1420	20%	48.0	2045
Lim	PUR	m ²	20	0.27	12.5	0	5.4	250
Inre täcksikt	Vetroresina 2 mm	m ²	20	3	100	10%	60.0	2200
Ytskikt insida	Integrerat i täcksikt							
Delsumma							178.8	6945
Förbrukningsmaterial								
Beskrivning	Specifikation	Kostnad (SEK)						
Delsumma							0.0	0
Arbetskostnad								
Operation	Specifikation	Kostnad (SEK)						
Förarbete	5 min/m ²	h	1.7	-	500	-	-	833
Limning	10 min/m ²	h	3.3	-	500	-	-	1667
Skäggnings och trimning	5 min/m ²	h	1.7	-	500	-	-	833
Delsumma							3333	
Totalsumma							178.8	10278
Summa per kvadratmeter							8.9	514

2.1. Kommentarer

Normalt tränger inte limmet ner mellan vertikala skarvar i kärnan, se Figur 2. För att öka hållfastheten och beständigheten hos sandwichens kärnmaterialet skarvlimmas. Kostnader för detta tillkommer. Skador i täcksikten eller otätade kanter hos sandwich som inte

skarvlimmats innebär att fukt omedelbart tränger in i stort sett hela sandwichen och det blir stor risk för skador vid t.ex. frysning/upptining.



Figur 2. Sandwich där kärnor ej skarvlimmats.

En stor fördel med limning jämfört med injicering är att olika täckskikt och kärnor kan kombineras i stort sett fritt förutsatt att valet av lim anpassas. Täcksiktet kan vara av metall lika väl som komposit och kan ha en färdigbehandlad utsida så att efterbearbetning i form av lackering kan undvikas. Efterarbetet orsakas till stor del av att lim sugts ut i kanterna vilket måste tas bort i en separat, oftast manuell, operation.

En annan fördel med limning är att processen är mer mogen än injicering och risken för processproblem och kassationer är betydligt mindre. För limningen har det förutsatts att vakuumbord och limrobot används. Inga kapitalkostnader för detta har räknats med. För att åstadkomma kortare cykeltider kan limning göras i press istället för på vakuumbord.

3. Injicering

Komponentspecifika investeringar: inga (vid små serier)
skalverktyg (vid stora serier)

Materialkostnad								
Beskrivning	Specifikation	Enhet	Antal enheter	Vikt/enhet (kg/#)	Kostnad/enhet (SEK)	Spill (%)	Vikt (kg)	Kostnad (SEK)
Ytskikt utsida	Mot verktyg 0,6 mm gelcoat	kg	13.2	1	30	25%	13.2	495
Yttre täckskikt	Kinesisk glasfiber	kg	24.6	1	18.5	10%	24.6	499
	Epoxi	kg	10.6	1	42.3	10%	10.6	492
Kärna	XPS RTM 60 mm	m ³	1.2	40	1420	20%	48.0	2045
Inre täckskikt	Kinesisk glasfiber	kg	24.6	1	18.5	10%	24.6	499
	Epoxi	kg	10.6	1	42.3	10%	10.6	492
Ytskikt insida	Mot bag 0,1 mm PUR lack	kg	2.2	1	100	25%	2.2	275
Delsumma							133.8	4798
Förbrukningsmaterial								
Beskrivning	Specifikation							Kostnad (SEK)
Bag		m ²	20		10	50%		300
Avrivningsväv	På bagsida	m ²	20		25	10%		550
Tätningstejp	Enkeltätning	m	24		4	10%		106
Slang	Ingöt längs långsida, punktavlufning	m	13		8			104
Delsumma							0.0	1060
Arbetskostnad								
Operation	Specifikation							Kostnad (SEK)
Gelcoatering	3 min/m ²	h	1	-	500	-		500
Injicering, 30 min/m ²	Tillskärning armering	h	10	-	500	-		5000
	Laddning i form							
	Bagning							
	Slangarrangemang							
	Täthetskontroll							
	Injicering							
	Avformning/rengöring							
	Efterhärdning							
	Renkapning							
	Lackering	Inkl. avrivning, 4 min/m ²	h	1.3	-	500	-	
Delsumma								6167
Totalsumma							133.8	12024
Summa per kvadratmeter							6.7	601

3.1. Kommentarer

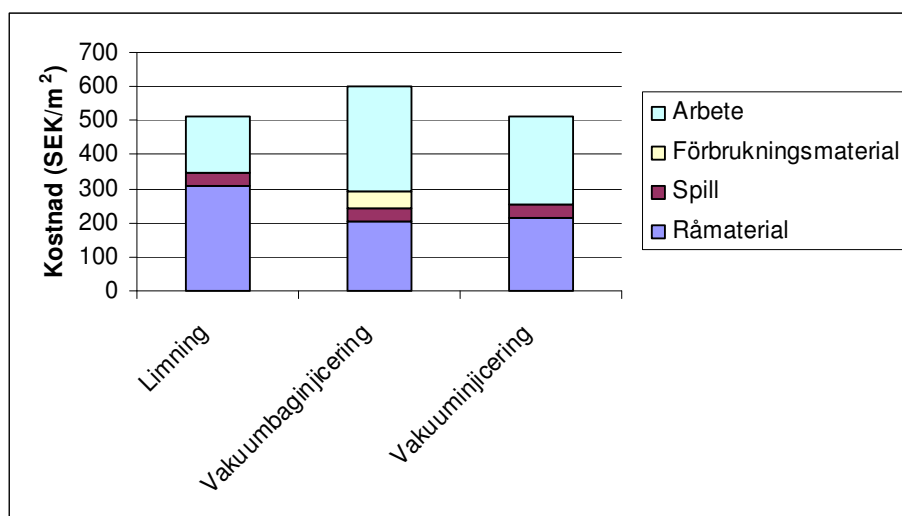
Vid injicering kommer det automatiskt att bli en limfog mellan block av kärnmaterial. En injicerad sandwich kommer därför att ha högre hållfasthet än en limmad sandwich där kärnan inte skarvlimmats. Den injicerade fogen kan dock ge brottanvisningar och vara svår att få repeterbar. För kritiska komponenter bör därför kärnblocken skarvlimmas även för vakuuminjicering. Kostnader för detta tillkommer.

För injicering är täcksiktken i huvudsak begränsade till härdplastkompositer och det är viktigt att kärnmaterial och plast är kompatibla med varandra. T.ex. löses styrenbaserade kärnmaterial upp av polyester och vinylester. Det förekommer också att kemikalier i kärnmaterialet påverkar reaktionen hos härdplasten. Vid injicering tillkommer normalt sett moment för applicering av ytskikt, antingen i verktyg eller genom lackering efter avformning.

Vid större serier kan injiceringsprocessen rationaliseras genom att vakuumbagen byts ut mot ett halvstyvt skal. Detta reducerar dels mantiden och gör också att båda sidor av sandwichen kan gelcoateras. Investering i det halvstyva skalet tillkommer. Vikten uppskattas öka till 7,2 kg/m² (gelcoat är tjockare än lack) och kostnaden minska till 510 SEK/m².

4. Jämförelse kostnadslag

Fördelningen av kostnader mellan råmaterial, spill, förbrukningsmaterial och arbete presenteras i Figur 3. För limning domineras kostnaderna av råmaterialen medan arbetskostnad är en större post för injicering. Med vakuuminjicering med skal reduceras kostnaderna för förbrukningsmaterial och till viss del även arbetskostnaden jämfört med vakuumbag injicering.



Figur 3. Kostnadsfördelning

Bilaga A – Underlag

Anteckningar

Uppgifterna nedan kommer från företag i och utanför projektet. För att göra uppgifterna mindre känsliga har vissa detaljer och källhänvisningar utelämnats.

- Vetroresina G900 laminat kostar ca. 100 SEK/m² och väger 3 kg/m².
- Multiaxiell glasfiber från Kina i stora kvantiteter (Lintex Europe). Epoxi size 2,04 EUR/kg, Standard Size 1,97 EUR/kg.
- Epoxi Epikote 246/Epikure 3205 kostar 4,11 EUR/kg i stora kvantiteter (AWL Scandinavia).

- Lackering på Aluminium: 520 SEK/m², tjocklek ~0,1 mm, vikt 125 – 160 g/m²
- Lackering med PUR på komposit: 0.1 mm, 100 kr/kg, 50-100% spill vid sprutning, 20m²/h
- Gelcoat ~0.6 mm, pris 30 SEK/kg, tid vid sprutning 20 m²/h
- Topcoat ~0.5 mm, pris som gelcoat, tid vid sprutning 20 m²/h

- Limning: materialkostnad 25 kr/m² för 2 sidor, 6-30 min/m², typiskt 20 min/m². 0,27-0.4 kg lim/m².
- Vakuumbaginjicering: Två mandagar för att tillverka en panel om 4x15 meter plus material (16 min/m²). Att tillverka mindre paneler ger ingen större tidsvinst. Tid och kostnad för skarvlimning av kärnmaterialblock tillkommer.
- Injicering med skalverktyg något mer komplicerad komponent på. 4 m². 3+3 h för gjutning och 2 h för renkapning m.m. (2 h /m²).
- Formkostnad för skal kostar typiskt ca. 6000 SEK/m² inklusive fräsning av plugg. Billigare alternativ är att utgå från slipad rostfri plåt ~ 4000 SEK/m² eller vanlig stålplåt.