

Materiaalkeuze bepaald door functionaliteit

Hybride materialen vragen **hybride verbindingen**

Paul Veltmans

TNO Industrie, ProductieOntwikkeling,

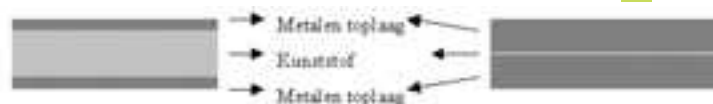
De keuze van materiaal voor constructies is tegenwoordig gebaseerd op functionaliteit. Er wordt niet meer gedacht in constructies bestaande uit één materiaal, maar in multimateriaal-constructies: zoek het materiaal dat het best past bij de functionaliteit van de constructie. Deze samengestelde materialen vereisen bijzondere verbindingstechnieken, bijvoorbeeld hybride verbindingen.

Licht en stijf

Bij de zoektocht naar steeds lichtere en toch stijve constructies kunnen lichte en dunne sandwichmaterialen ingezet worden. Deze sandwichmaterialen zijn ook geluid- en trillingdempend. Het materiaal is opgebouwd uit twee dunne metalen toplagen, eventueel van verschillende metalen, met daar tussen een relatief dikke kunststof laag. De sandwichmaterialen omschreven in dit artikel (dikte tot 2,5 mm) zijn relatief goed in een 3-D vorm verwerkbaar door middel van bijvoorbeeld dieptrekken. Door de aanwezigheid van slechts dunne metalen toplagen en door de dikke kunststof tussenlaag is de lasbaarheid slecht. Er moeten dus andere verbindingstechnieken worden aangewend zoals mechanisch verbinden, lijmen of een combinatie hiervan: de hybride verbindingen **figuur 1**.

Sandwichmaterialen

Bij dunne sandwichmaterialen kan onderscheid gemaakt worden tussen lichte en stijve (**zie tabel 1**), en trilling- en geluiddempende sandwichmaterialen (**zie tabel 2**). Dit wil niet zeggen dat de lichte en stijve sandwichmaterialen geen geluid- of trillingdempende eigenschappen hebben. Integendeel, vergeleken met de normale volle materialen zijn de lichte en stijve sandwichmaterialen superieur op dit gebied. De geluid- en trillingdempende sandwichmaterialen (**zie figuur 1 rechts**) hebben slechts een heel dun-



1
 Figuur 1. Links licht en stijf sandwichmateriaal, rechts trilling- en geluiddempend sandwichmateriaal.

ne kunststof tussenlaag en zijn hierdoor niet meer lichtgewicht. Daarnaast zijn de dunne sandwich materialen ook warmte-isulerend. Toepassingen zijn te vinden in onder andere bagagecontainers voor de luchtvaart, binnen- en buitenpanelen voor auto's, maar ook kantoorartikelen zoals luxe ordners en attaché-koffers.

Als de mechanische eigenschappen zoals stijfheid per gewicht worden beschouwd, dan leveren de sandwichmaterialen goede prestaties. Voor een lichtgewicht constructie betekent dit immers gewichtbesparingspotentieel. Wordt er voor een *Hylite* paneel van 1,2 mm gekozen, in plaats van een aluminiumpaneel uit 1,06 mm dan is de gewichtsbeparing per vierkante meter bijna 1 kilogram bij een gelijke stijfheid. Als het onderdeel dicht bij een geluidsbron wordt toegepast hoeft er geen geluiddempend materiaal meer worden aangebracht. Door de functionaliteit van sandwichmaterialen op een slimme manier toe te passen kunnen deze materialen kostenefficiënt worden ingezet.

Verbindingstechnologie

Het grote verschil tussen de lichte en dunne sandwichmaterialen (**tabel 1**) enerzijds en de geluid- en trillingdempende variant (**tabel 2**) anderzijds op gebied van verbindingstechnologie is de lasbaarheid. De laatstgenoemde materialen zijn in het algemeen goed lasbaar en hebben weinig hinder van de dunne kunststof tussenlaag. De eerstgenoemde categorie is niet lasbaar door de dunne metalen toplaag en relatief dikke kunststof tussenlaag. Voor deze categorie materialen moet andere verbindingstechnologie gebruikt worden.

Mechanisch verbinden

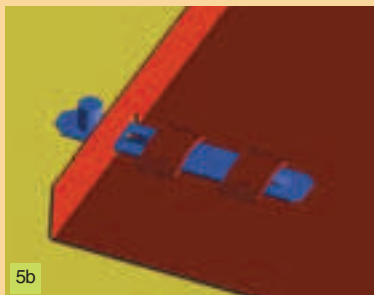
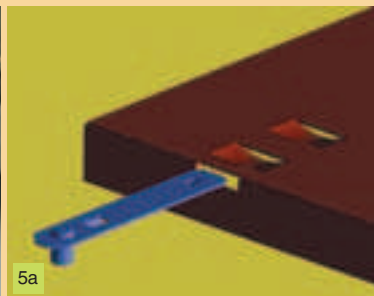
Mechanisch verbinden van dunne en lichte sandwichpanelen is voor diverse toepassingen onderzocht. Er is onder andere gekeken naar metalen snap-fit verbindingen (**figuur 5**), bouten en moeren, zelftappende schroeven, klinken (**figuur 2 en 3**), ponsnieten (**figuur 4**) en blindklinkmoeren.

Voor het toe te passen verbindingssysteem moet een afweging worden gemaakt tussen mechanische, productietechnische en logistieke eisen, ARBO en milieu en kostprijs. Vanuit het oogpunt van assemblage zijn de metalen snap fit verbindingen het meest efficiënt. De geometrie wordt tijdens de omvormende bewerking van het paneel gerealiseerd. Tijdens assemblage zijn er geen extra gereedschappen benodigd en is er geen speciale handling van de componenten vereist. **Tabel 3**

De sterkte van een mechanische verbinding komt tot stand door wrijving door de aangebrachte oppervlaktedruk tussen de twee materialen, de mechanische sterkte van de materialen zelf en mechanische verankering. De sterkte van een mechanische verbinding in sandwichmateriaal wordt beperkt door de dunne toplagen van metaal waaraan de sterkte lokaal moet worden ontleend. Een belasting van de verbinding kan al snel leiden tot lokale de-

Tabel 1: Dunne sandwich materialen ontwikkeld op lichtgewicht en stijfheid

Leverancier Merksnaam	Corus Hylite	Alusuisse Dibond	Krupp Thyssen Nirosta H400/H500	Aluminium 5754
Toplaagdikte (mm)	0,2, 0,24	0,3	0,6... 4,0	-
Toplaag materiaal (mm)	AA5182 (AlMg5Mn)	5005A (AlMg1)	H400 rvs	-
Tussenlaagdikte (mm)	0,8, 0,94, 1,6, 2,0	1,4, 2,4, 3,4, 5,4	0,15...0,3	-
Tussenlaag materiaal	Polypropeen (PP)	Polyetheen (LDPE)	Polypropeen	-
Totale dikte (mm)	1,2, 1,4, 2,0, 2,4	2,0, 3,0, 4,0, 6,0	0,9...2,1	1,06
Gewicht (kg/m ²)	1,8, 2,1, 2,54, 3,0	3,3, 4,1, 5,0, 12	3,2 (H400 1,4 mm)	2,9
Stijfheid ExI (Nmm)	7050... 38500	?	7600 (H400 1,4 mm)	7100
Stijfheid/gewicht Nmm m ² /kg	4000 (Hyl 1,2 mm)	?	2375	2450
Opmerking	Dieptrekbaar	Niet dieptrekbaar	Dieptrekbaar	Dieptrekbaar



Figuur 2. Rechthoekige Eckold klinkverbinding tussen Nirosta H400 1,4 mm sandwich (boven) en rvs 304 1 mm (onder).

Figuur 3. Ronde Eckold klinkverbinding tussen aluminium 5754 1 mm en aluminium 5754 1 mm.

Figuur 4. Ariel ponsnietverbinding 5 mm tussen Hylite 1,2 mm en aluminium 5754.

Figuur 5. Metalen snap-fit verbinding.

formatie van dunne toplagen. Dit gaat ten koste van de duurzaamheid van de verbinding. Daarnaast kan de voorspanning van de verbinding afnemen door kruip in de relatief dikke kunststof tussenlaag van de sandwich. Het is dus mogelijk dat de sterkte van de verbinding in de loop van de tijd afneemt. Voor een sterke duurzame verbinding moet dus gezocht worden naar een combinatie met andere verbindingstechnieken of uitsluitend andere.

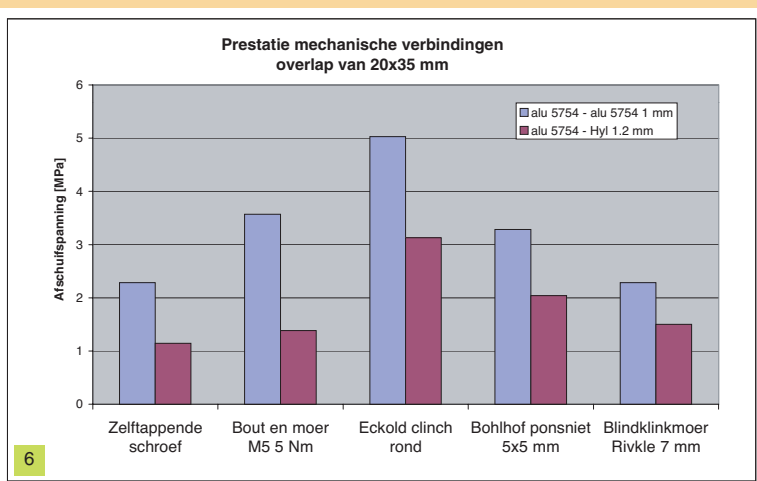
In **figuur 6** is te zien dat in alle gevallen de mechanische verbindingen in massief materiaal betere prestaties leveren dan dezelfde verbindingen in vol materiaal met sandwich materiaal.

Lijmen

Lijmen is een goed en bovendien kosteneffectief alternatief voor mechanisch verbinden. Het grote voordeel van lijmen voor het verbinden van een sandwichpaneel is de gelijkmatige verdeling van de kracht over een groot oppervlak. Dit is erg gunstig voor sandwichpanelen omdat de mechanische sterkte in grote mate wordt bepaald door de metalen toplagen. Lijmen biedt daarnaast de mogelijkheid om verschillende materialen met elkaar te verbinden.

Voor het lijmen van de sandwichmaterialen voor verschillende toepassingen is er onderscheid te maken tussen flexibele en structurele lijmen:

- flexibele lijm wordt gebruikt in situaties waarbij de lijm moet zorgen voor geluid- of trillingdemping, afdichting of het overbruggen van vervormingen als gevolg van bijvoorbeeld verschillen in uitzetting bij temperatuurverschillen. De mechanische sterkte van deze lijmen is van ondergeschikt belang.
- structurele lijm wordt gebruikt in situaties waarbij de lijm in hoofdzaak moet zorgen voor mechanische sterkte. Verschillende lijmen zijn getest op diverse sandwichmaterialen en gewone materialen (**figuur 7**). Het gebruik van structurele lijm voor het verbinden van normaal materiaal met sandwich materiaal levert een duidelijk lagere mechanische sterkte dan bij het toepassen van dezelfde lijm voor het onderling verbinden normaal materiaal. Dit is onder andere te wijten aan de geringe elasticiteit van de structurele lijmen. Onder belasting rekt sandwichmateri-



Figuur 6. Vergelijking van de prestatie van mechanische verbindingen

Tabel 2: Sandwichmaterialen voor geluid- en trillingdemping

Leverancier	Alusuisse	Trelleborg	Thyssen Krupp
Merksnaam	Carbond, Silensal	Durulam, Viscolam	Bondal
Totaaldikte	0,6... 3	0,6... 2,5	0,64... 2,56
Materiaal	Aluminium 5181, 6182	DC04	DC04
Tussenlaag materiaal	Visco-elastisch	Rubber, visco-elastisch	Hars

verbinding (lijmen in combinatie met mechanisch verbinden) de volgende voordelen:

- positionering en fixatie door een mechanische verbinding tijdens het uitharden van de lijm; het product kan hierdoor worden getransporteerd of gehandeld
- verbeterde afpelsterkte
- gelijkmatige verdeling van de spanning in tegenstelling tot hoge lokale belasting bij mechanisch verbinden
- gas- en vloeistofdichte verbinding

Hybride verbindingen worden al veel in de auto-industrie toegepast. De bekendste is het combineren van lijmen met felsen bij deurpanelen, motorkappen etc. waar een flexibele lijm voor het felsen op het verbindingsvlak wordt aangebracht. De lijm zorgt voor een gas- en vloeistofdichte verbinding en heeft een aanzienlijk aandeel in de uiteindelijke stijfheid van het geassembleerde deel.

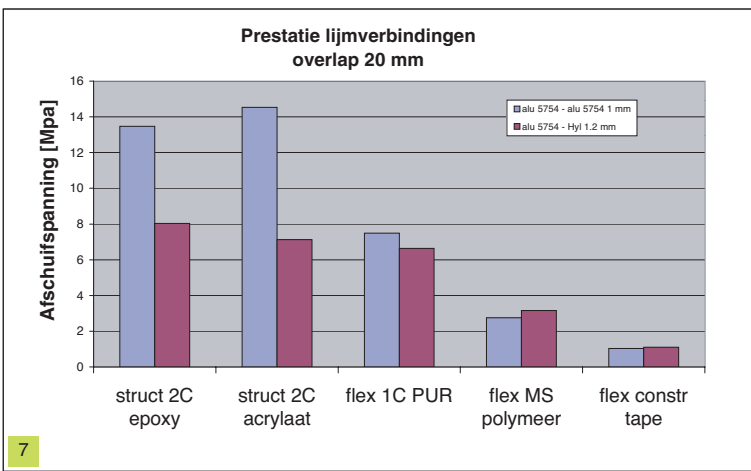
Bij een hybride verbinding wordt meestal gedacht aan het combineren van mechanisch verbinden of lassen met lijmen. Een andere interessante hybride verbinding voor sandwiches is het combineren van snel uithardende lijmen met langzaam uithardende lijmen. De snel uithardende lijm zorgt hierbij voor een tijdelijke fixatie van de componenten.

De combinatie van het klinken met viskeuze lijmen gaat enigszins ten koste van de sterkte van de mechanische verbinding. De viskeuze lijm laag is namelijk moeilijk samendrukbaar waardoor de mechanische verankering in het materiaal minder is. Dit kan worden gezien in de **figuren 8, 9, 10 en 11**. In deze figuren wordt links de dwarsdoorsnede van de klinkverbinding zonder en rechts met viskeuze polyurethaanlijm weergegeven. De kwaliteit van de mechanische verankering is weergegeven door de breedte; hoe breder de afstand, des te beter de mechanische verankering. De mechanische verankering van de klinkverbinding zorgt in geval van combinatie met lijmen voor voldoende fixatie tijdens handling van de componenten terwijl de lijm nog niet is uitgehard.

Voor erg vloeibare lijmen en lijmen die in een dunne laagdikte worden aangebracht is de mechanische verankering vergelijkbaar met de klinkverbinding zonder lijm.

Als de hybride verbinding op koptrek wordt belast, dat wil zeggen loodrecht op de plaatrichting, dan zal de lijm aanwezig in het verticale gedeelte van de klinkverbinding een positieve bijdrage aan de koptreksterkte geven; de lijm wordt hier dan lokaal op afschuiving belast.

De bekeken hybride verbindingen en lijmverbindingen, toegepast op metaal-sandwichcombinaties, geven een beter resultaat dan het zuiver mechanisch verbinden. Dit in tegenstelling tot de metaal op metaal verbindingen waar de klinkverbinding beter presteert op afschuiving



Figuur 7. Afschuifspanningen lijmverbindingen.

aal beduidend meer dan normaal materiaal. Deze rek moet door de lijmverbinding worden opgevangen. Voor de flexibele lijmen met lage sterkte is dit geen probleem, in tegenstelling tot de sterkere maar minder flexibele structurele lijmen.

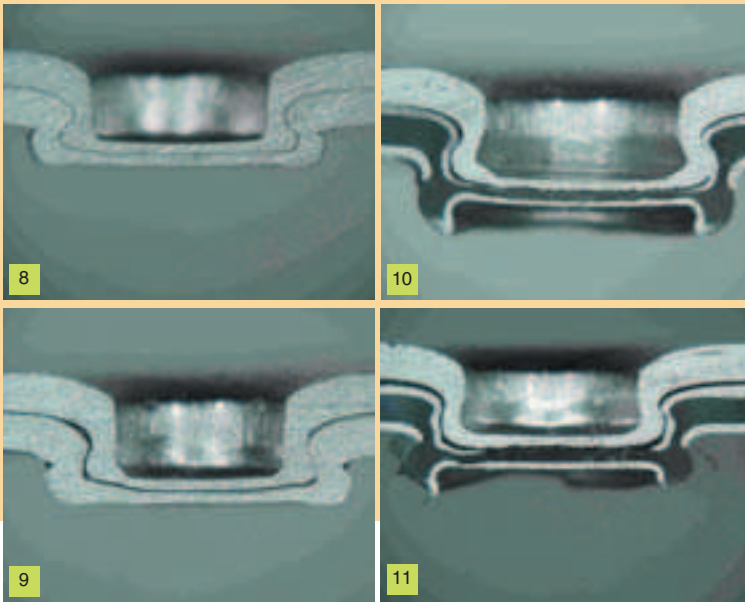
Op zich zijn de prestaties van de lijmverbindingen goed. Een nadeel blijft echter de uithardingstijd en de mindere weerstand tegen afpelbelasting.

Hybride verbinding

In een hybride verbinding worden twee verbindingsmethoden gecombineerd. Hierdoor kunnen de specifieke voordelen van twee verbindingstypen worden benut. Voor sandwichmaterialen heeft het toepassen van een hybride

Tabel 3: Eisen bij mechanisch verbinden

	Metalen snapfit verbinding	Zelftappende schroeven	Bouten en moeren	Klinken	Ponsnieten	Blindklinkmoer
Vorbewerking	Ja, gaten of doordrukkingen in beide delen	Nee	Gat in beide delen	Nee	Nee	Gat in beide delen
Vereiste bereikbaarheid	Enkelzijdig	Enkelzijdig	Tweezijdig	Tweezijdig	Tweezijdig	Enkelzijdig
Speciale gereedschappen	Nee onderdelen in elkaar te schuiven en te klikken	ja gereedschap is universeel	ja gereedschap is universeel	ja per materiaal-combinatie verschillende inzetstukken	ja per materiaal-combinatie-verschillende inzetstukken	ja gereedschap is universeel



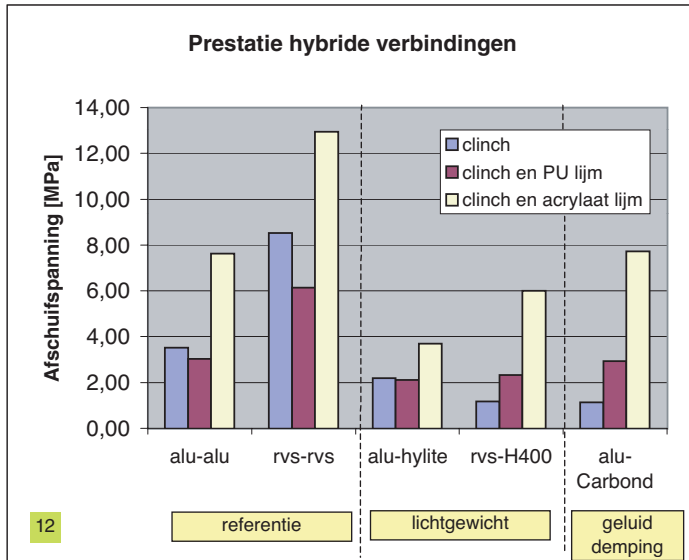
Figuur 8. Eckold ronde klink in alu 5754 1 mm met alu 5754 1 mm.

Figuur 9. Eckold ronde klink en PUR-lijm in alu 5754 1 mm met alu 5754 1 mm; dikte lijmlaag 0,2 mm.

Figuur 10. Eckold ronde klink in alu 5754 1 mm met Hylite 1,2 mm soft skin.

Figuur 11. Eckold ronde klink en PUR-lijm in alu 5754 1 mm met Hylite 1,2 mm soft skin; dikte lijmlaag 0,2 mm.

dan de hybride combinatie klinken met polyurethaanlijm. De betere prestatie van de hybride verbindingen bij sandwichmaterialen is net als bij zuiver lijmen toe te schrijven aan de gelijkmatige verdeling van de kracht over een relatief groot oppervlak. **Figuur 12**



Figuur 12: Vergelijk prestatie hybride verbindingen

Conclusies

Er kan een duidelijk onderscheid worden gemaakt in toepassingsgebied tussen dunne stijve sandwiches bedoeld voor lichtgewichtconstructies en de geluiddempende sandwiches. De dunne en stijve sandwichmaterialen bieden een groot gewichtsbesparingpotentieel in lichtgewicht constructies. Deze materialen kunnen ook slim worden ingezet daar waar, naast de hoofdfunctie lichtgewicht, geluid- en trillingdemping en/of de warmte-isolerende eigenschappen benodigd zijn. In het algemeen zijn deze materialen niet lasbaar.

Lijmen en lijmen in combinatie met mechanisch verbinden (hybride verbindingen) zijn geschikte verbindingsmethoden voor de hiervoor beschreven sandwichmaterialen. De goede prestatie van de hybride verbindingen bij sandwichmaterialen is net als bij zuiver lijmen toe te schrijven aan de gelijkmatige verdeling van de kracht over een relatief groot oppervlak. De hybride verbindingen worden vooral daar ingezet waar afpelbelastingen of de uithardingstijd van de lijm als nadelig worden ervaren.

Dit artikel is tot stand gekomen vanuit de resultaten van het lopende Europese 5e kader project Apoliss 'Application of Light Sandwich Sheets'. Het doel van dit project is gewichtsvermindering van een auto door toepassing van sandwichmaterialen. TNO Industrie is een partner in dit project en is verantwoordelijk voor het onderzoek met betrekking tot het verbinden en omvormen van de sandwichmaterialen in relatie tot massaproductie. Contactpersoon: Paul Veltmans (040-2650476)