

# EASY COMPOSITES

SIA „EASY COMPOSITES”; E-pasts: [easycomposites@gmail.com](mailto:easycomposites@gmail.com); Telefons: +371 26137851

## SINTĒTISKĀS VIELAS

Tūkstošiem gadu pamatnosacījums cilvēces izdzīvošanai bija dabīgie materiāli. Apģērbs, darbarīki un sadzīves priekšmeti tika izgatavoti no ādas, metāla, akmens, māla un citām dabas izejvielām. Tādas izejvielas, kā porcelāns, stikls un metāla sakausējumi lielākoties tika atklāti nejauši.

20. gadsimta sākumā, trūkstot un padārdzinoties svarīgām izejvielām, tika uzsākti sintētisko (mākslīgi radīto) materiālu intensīvi meklējumi, kas spētu aizstāt šīs trūkstošās izejvielas. Izmainītās tehniskās prasības un strauji augošā industrija vairs nevarēja tikt nodrošināta tikai ar dabīgajām izejvielām.

Laika gaitā no dabīgajām izejvielām tādām, kā akmeņogle, nafta un dabasgāze tika izveidoti neskaitāmi savienojumi, tajā skaitā, sintētiskie materiāli.

Sekojošā dabas piemēram, savienojot dažādus materiālus kompozītmateriālā, mērķis ir uzlabot to īpašības un iegūt augstāku efektivitāti. Salīdzinot merīnaitas vilnas Paracortex šūnas šķērsriezumu ar unidirekcionālās ogļšķiedras pastiprinātu epoksīdu (Cf-EP), var saskatīt ļoti lielas struktūras līdzības, tāpat arī ļoti liela līdzība ir novērojama starp Cf-EP un bambusa koka šķērsriezumu. Daba kalpo kā priekšzīme ne tikai sintētisko kompozītmateriālu mikrostrukturai, bet arī kā pamatprincipi īpaši viegla svara konstrukcijām. Dažādu šķiedru izmantošana kompozītmateriālu elementos balstās uz četriem paradoksiem:

1. **Kompozītmateriālu stiprība.** Patiesā materiāla izturība ir daudzkārt mazāka, nekā teorētiski aprēķinātā (F. Zwicky);
2. **Šķiedras forma.** Kompozītmateriālam šķiedru formā ir daudzkārt lielāka izturība kā līdzīgam materiālam citā formā, un jo smalkāka ir šķiedra, jo lielāka ir izturība (A. A. Griffith);
3. **Stiprinājumu attālums.** Jo mazāks ir attālums starp stiprinājumiem, jo lielāka ir nomērītā parauga/šķiedras izturība;
4. **Kompozītmateriāls.** Kompozītmateriāls uzņem slodzes kā kopums, pie kurām vājākā komponente sagrūtu, kamēr stiprākā komponente kompozītā var uzņemt lielāku daļu teorētiskās izturības, nekā, ja tās tiktu slogotas atsevišķi (G. Slayter).

## KOMPOZĪTMATERIĀLU VĒSTURE

- 1907.g. L.H. Baekland patentē Fenola sveķu („Bakelit”) izgatavošanu;
- 1916. g. R. Kemp patentē izgatavošanas metodiku lidmašīnai, kas pilnībā sastāv no šķiedru pastiprināta sintētiskā materiāla;
- 1935.g. Owens-Corning Fiberglass Corporation (USA) uzsāk liela apjoma stiklšķiedras ražošanu;
- 1938.g. P. Castan patentē epoksīda sveķu izgatavošanu;
- 1942.g. Tiek izgatavotas pirmās detaļas lidmašīnām, kuģiem un auto industrijai no nepiesātinātiem poliestera sveķiem (UP)/stiklšķiedras;

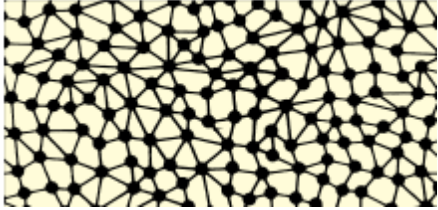
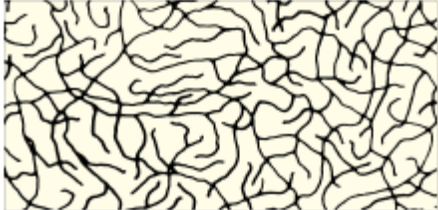
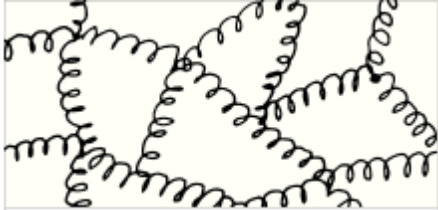
EASY COMPOSITES

[easycomposites@gmail.com](mailto:easycomposites@gmail.com); +371 26137851

- 1943.g. Tiek izgatavotas pirmās trīsslāņu materiāla (sandwich) detaļas lidmašīnām no poliestera sveķiem/stiklšķiedras, un kā starpmateriāls tiek izmantots balsas koks;
- 1944.g. Tiek veiksmīgi izstrādāta un notestēta pirmā lidmašīnas fizelāža, kas tika konstruēta no stiklšķiedras kompozīta trīsslāņu materiāla;
- 1945.g. L.S. Meyer uzsāk šūnu materiāla (honeycombs) ražošanu, kas ir viegls un spiedienizturīgs trīsslāņu materiāla konstrukcijām;
- 1951.g. Pirmais Pultrusion patents (kompozītmateriāla profilu izgatavošanai);
- 1953.g. Tiek uzsākta stiklšķiedras/poliestera sveķu automobiļu virsbūves detaļu ražošana (Chevrolet Corvette). Tāpat arī Vācijā tiek attīstīti pirmie stiklplasta planieri;
- 1959.g. Union-Carbide (USA) uzsāk ogļšķiedras ražošanu;
- 1967.g. Windecker Research Inc. veic lidojumu izmēģinājumus pirmajai gandrīz pilnībā no stiklplasta izgatavotajai lidmašīnai;
- 1971.g. DuPont uzsāk aramidšķiedras ražošanu zem firmas zīmes „Kevlar”.

[Ehrenstein: kompozītmateriāli, Hanser izdevniecība]

Tabula 1

<p><b>Duraplasi</b> Izcietināmi sintētiskie materiāli, kurus nevar atkārtoti plastiski formēt. Duraplasi ir nešķīstoši, nekūstoši, un tos nevar metināt. Pie augstām temperatūrām pārorgļojas.</p>	<p><b>Epoksīda sveķi</b> <b>Poliestera sveķi</b> <b>Poliuretāna sveķi</b> <b>Vinilestera sveķi</b> u.c.</p>	 <p><b>Duroplasta struktūrmodelis</b> Molekulas veido trīsdimensionālu režģi, tas nozīmē, ka tās visos virzienos ir savstarpēji stingri savienotas.</p>
<p><b>Termoplasti</b> Temperatūras iedarbībā kļūst plastiski un var tikt atkārtoti formēti. Atgriezumi tiek izkausēti un pārstrādi otrreizējai izmantošanai. Daudzi termoplasti šķīst organiskajos šķīdinātājos. Savienojumi tiek veidoti ar „auksto metināšanu” – šķīdinātājiem.</p>	<p><b>ABS</b> <b>Polistirols</b> <b>PVC</b> <b>Polietilēns</b> u.c.</p>	 <p><b>Termoplasta struktūrmodelis</b> Molekulu ķēdes ir ļoti garas un haotiski izvietotas.</p>
<p><b>Elastomēri</b> Gumijai līdzīgi elastīgi materiāli. Pieliekot slodzi, materiāls stiepijas. Noņemot slodzi materiāls ieņem praktiski savu iepriekšējo stāvokli. Elastomēri ir karstumizturīgi, nekūst, bet tie pārorgļojas. Savienojumi nevar tikt sakausēti – tos veido vulkanizācijas procesā.</p>	<p><b>Silikonkaučuks</b> <b>Gumija</b> u.c.</p>	 <p><b>Elastomēra struktūrmodelis</b> Garas molekulu ķēdes, kas ir stipri savērptas un slodzes gadījumā stiepijas.</p>

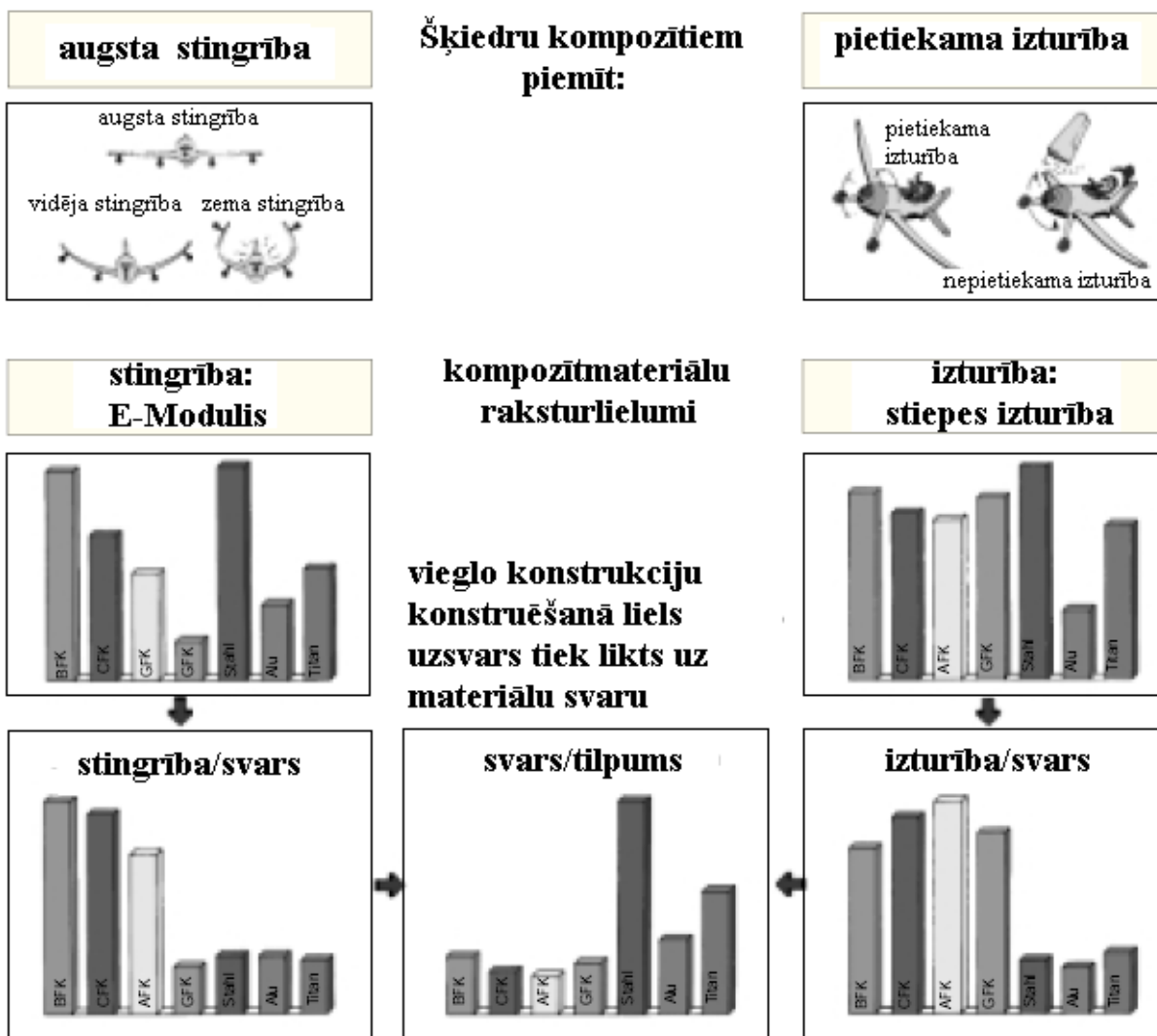
## BIEŽĀK IZMANTOTIE TERMINI UN SAĪSINĀJUMI

- **FC** – fibre composite (šķiedru kompozīts) sastāv no matricas (sveķi un pastiprinošās šķiedras), (vācu val. **FVW**);
- **GRP** – glass-fibre-reinforced plastic (stiklšķiedras kompozīts), (vācu val. **GFK**);
- **CRP** – carbon-fibre-reinforced plastic (ogļšķiedras kompozīts), (vācu val. **CFK**);
- **SRP** – synthetic-fibre-reinforced plastic (aramid) (aramidšķiedras kompozīts), (vācu val. **SFK**);
- **Matrica** – pastiprinošo šķiedru apņemošs materiāls (visbiežāk duroplasti).
  - ✓ Matricas funkcijas;
  - ✓ Izstrādājumam piešķir formu;
  - ✓ Pieliktos spēkus pārnes un vada uz šķiedrām;
  - ✓ Aizsargā šķiedras;
- **Lamināts** (no latīņu valodas *lamina* – kārtā, slānis) – plānsienu produkts, kas sastāv no sveķiem un šķiedrām, neatkarīgi no tā formas un gatavības (slapjš lamināts vai izcietējis lamināts);
- **Unidirekcionāls** – nozīmē „tikai vienā virzienā”. Pastiprinājuma šķiedras tiek novietotas vienā virzienā;
- **Bidirekcionāls** – šķiedras tiek novietotas divos virzienos, visbiežāk  $0^\circ/90^\circ$ ;
- **Multidirekcionāls** – šķiedras tiek novietotas kā minimums trīs virzienos, visbiežāk  $0^\circ/90^\circ$  un  $\pm 45^\circ$ ;
- **Anizotropija** – materiāla dažādas īpašības dažādos virzienos. Piemēram, FC izturība mainās atkarībā no šķiedru virziena (šķiedru virzienā augsta izturība, šķērsvirzienā – maza). Izotropi materiāli ir, piemēram, metāls, kam ir vienas un tās pašas īpašības visos virzienos.



Attēls 1. Ne tikai tehnikā, bet arī sadzīves un luksusa precēs kompozītmateriāli ir atraduši savu vietu.

## KĀPĒC TIEŠI ŠĶIEDRU KOMPOZĪTS?



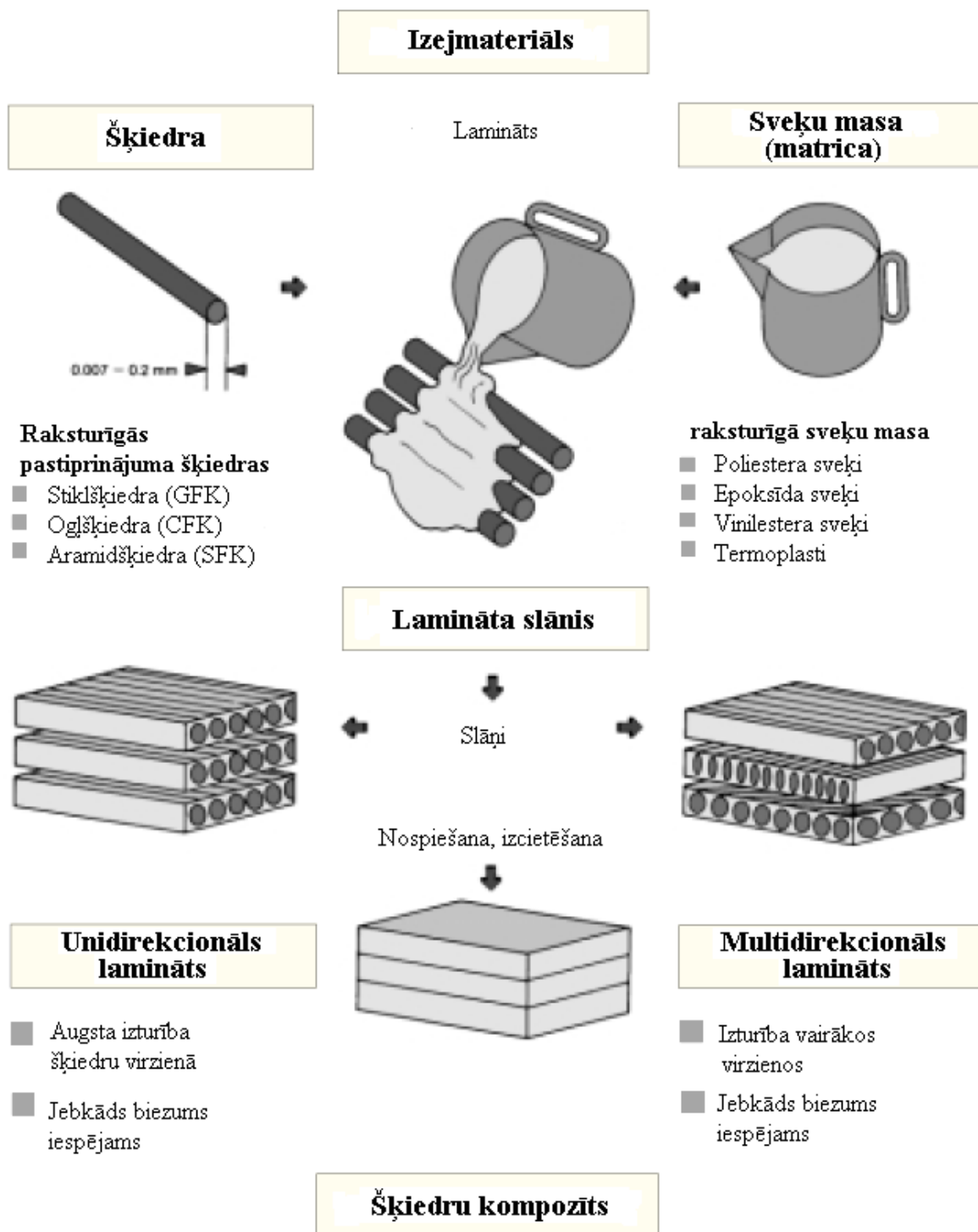
Labas zināšanas kompozītmateriālu īpašībās un to optimāls pielietojums konstrukcijās dod iespēju realizēt **īpaši vieglas konstrukcijas**.

### Materiāla priekšrocības:

- Zems termiskās izplešanās koeficients;
- Noturība pret koroziju;
- Pakāpeniska sagrūšana;
- Liela elastības izturība;
- Labas sitienu absorbcijas īpašības.

### Tehnoloģijai ir zemākas izmaksas:

- Mazāk atsevišķu detaļu;
- Mazāks ražošanas atkritumu daudzums;
- Lielas ģeometrisku formu iespējas.

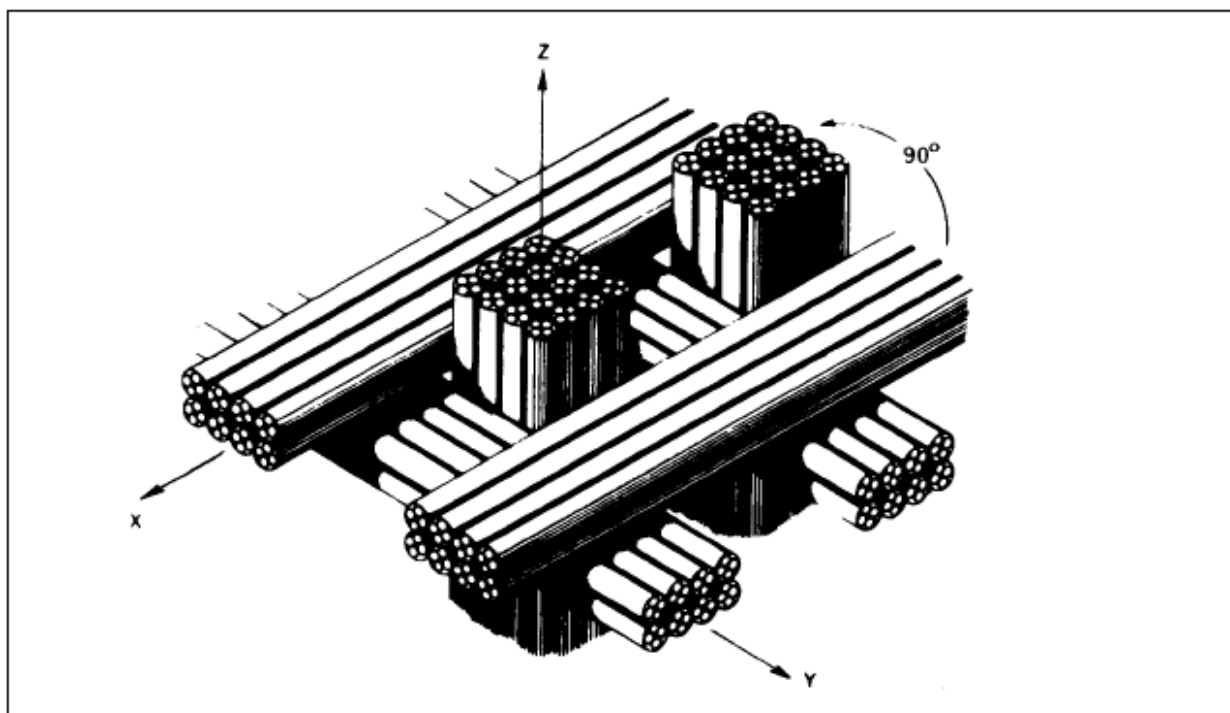


**Šķiedru kompozīts ir savādāks kā metāli:**

- No virziena atkarīgas īpašības;
- Galējā materiāla kompozīcija tiek sasniegta tikai izstrādājumā;
- Panākami vēlamie parametri variējot ar:
  - ✓ Šķiedru un matricas materiāliem;
  - ✓ Šķiedru virzienu;
  - ✓ Slāņu (kārtu) skaitu.

**EASY COMPOSITES**

easycomposites@gmail.com; +371 26137851



Attēls 2.

### Šķiedru kompozīta nosacījumi, kas jāievēro tā konstruēšanā:

- Šķiedras jāslodžo stiprinājumu virzienā;
- Iespējami simetriskāks slāņu novietojums;
- Slodzes jāizdala uz iespējami lielāku laukumu;

### Duroplastu raksturlielumi

Tabula 2

Materiāls	Blīvums, g/cm <sup>3</sup>	Sagrūšanas elastība, %	Materiāla stāvoklis	Apstrādes t <sup>o</sup> C	Izstrādājuma lietošanas t <sup>o</sup> C
<b>UP</b> Nepiesātināti poliestera sveķi	1.12-1.25	zem 3	šķidr	21-180	50-160
<b>EP</b> Epoksīda sveķi	1.1-1.25	6-8	šķidr	21-230	45-230
<b>VE</b> Vinilestera sveķi	1.07	3.5-7	šķidr	21-175	100-150

Lamināta sveķu **sagrūšanas elastībai** būtu jābūt vienādaī vai lielākaī par pastiprinājuma šķiedru sagrūšanas elastību, lai slodzes rezultātā neizveidotos plīsumi un plaisas sveķos.

**Apstrādes temperatūra.** Lielākā vērtība norāda uz maksimāli pieļaujamo temperatūru siltumcietēšanas procesā. Šāds siltumcietēšanas process ir nepieciešams tikai dažiem sveķu veidiem, kam ir paaugstināta temperatūras izturība. Lielākā daļa auksti cietējošo sveķu veidu sasniedz savu pilno izturību jau istabas temperatūrā. Izstrādājumu lietošanas temperatūra lielākoties ir 50-80°C.

Tabula 3.

Materiāls	Rukums reakcijā, %	Rukums pēc reakcijas, %	Reakcijas siltums	Uzglabāšanas apstākļi
<b>UP</b> Nepiesātināti poliestera sveķi	6-10	līdz 3	Reakcijā dažos gadījumos sasniedzamas augstas eksotermas (īpaši izlietu izstrādājumu gadījumos)	Labi noslēgts, vēss un tumšs – līdz 6 mēn.
<b>EP</b> Epoksīda sveķi	1-3	līdz 1		Labi noslēgts, vēss, tumšs – līdz 12 mēn.
<b>VE</b> Vinilestera sveķi	1	līdz 1		Labi noslēgts, vēss un tumšs – līdz 6 mēn.

**Rukums reakcijā.** Apstrādes procesā rukums epoksīda sveķiem notiek šķidrā fāzē. Tiklīdz sveķi ieņem cietu stāvokli, rukuma praktiski nav.

Vislielākais **rukums pēc reakcijas** ir novērojams tīros sveķos. Pastiprinājumi, kā, piemēram, stiklšķiedras, lielā mērā samazina rukuma apmērus. Arī rūdīšanas procesā var tikt novērots rukums, jo reaģēt spējīgās sveķu un cietinātāja molekulas savienojas un tādējādi rada ciešāku savienojumu.

Tabula 4.

Materiāls	Ķīmiskā noturība	Ķīmiski kaitīgās vielas	Degtspēja	Remonta iespējas
<b>UP</b> Nepiesātināti poliestera sveķi	Ūdens, vāji šķīdinātāji, mazs, benzīns	Karsts ūdens, koncentrētas skābes un sārmis, benzols, alkohols, toluols	Nepiemīt pašnodzēšanās	Iespējams uzlīmēt papildus kārtas un savā starpā salīmēt
<b>EP</b> Epoksīda sveķi	Benzīns, benzols, minerāleļļa, tauki	Karsts ūdens, esteris, koncentrētas skābes un sārmis, ketoni, acetons	Grūti aizdedzināms, turpina degšanas procesu	
<b>VE</b> Vinilestera sveķi	37% HCL, hlorīdoksīds, jūras ūdens, ogļūdeņradis	75% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pie 80°C, vārošs ūdens, 15% NaOH pie 65°C	Nepiemīt pašnodzēšanās	

Tabula 5.

Materiāls	Stiepes izturība, MPa	Stiepes modulis, GPa	Lieces izturība, MPa	Lieces modulis, GPa
<b>UP</b> Nepiesātināti poliestera sveķi	50-70	3.5-4.7	60-120	4-5
<b>EP</b> Epoksīda sveķi	70-90	2.8-3.6	140-160	4.5-6
<b>VE</b> Vinilestera sveķi	75-85	3.4-3.5	125-135	3.2-3.8

## KOMPOZĪTMATERIĀLI

Dažādu materiālu sakombinēšana vienā kompozītā, lai iegūtu uzlabotas īpašības, ir kā dabā, tā arī īpaši vieglo konstrukciju būvē pašsaprotams princips.

Daudzās jomās šis no dabas noskatītais konstruēšanas veids ir revolucionāri attīstījies. Tādējādi ir pieejami augstas izturības materiāli ar mazu svaru un izcilām īpašībām. Jo īpaši aeronautikas jomā konstrukciju mazi svāri dod iespēju ietaupīt enerģiju un paaugstināt lietderību.

Augstas kvalitātes kompozītmateriālu izmantošanai aeronautikā, galvenokārt, ir ekonomiskie apsvērumi. Augsto enerģijas izmaksu dēļ šajā jomā kompānijas ir gatavas maksāt 25000 eiro par katru ietaupīto kilogramu. Aviācijas nozarē šī maksa ir 250-750 eiro par kilogramu, autobūvē 0-2.5 eiro uz kilogramu (izņemot autosportu).

Šķiedru kompozīts kopumā ir dārgāks, nekā parastās izejvielas (metāli), un pieprasa augstākas ražošanas tehnoloģijas. Balstoties uz šiem faktiem, lielāko daļu autobūves neizrāda lielu interesi, kamēr aviācijā un aeronautikā šie materiāli tiek bieži pielietoti.

Samazinoties cenām un zināšanām par ražošanas tehnoloģijām kļūstot pieejamākām, šķiedru kompozīti arvien lielākā skaitā jomu ir sevi pierādījuši. Šie materiāli ir gandrīz neatņemam sastāvdaļa motosportā, modeļu un sporta inventāra izgatavošanā.

Dotajā brīdī arī mašīnbūvē šo materiālu pielietojums strauji pieaug.

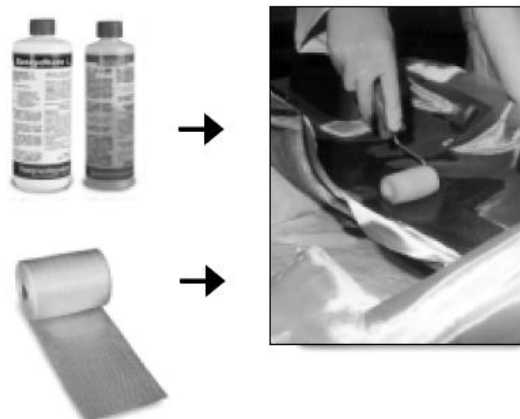
## DARBĪBAS PRINCIPS

Šķiedru kompozīts tiek izveidots savienojot kopā vairākus materiālus:

- formu piešķirošā **matrica** (epoksīda vai poliestera sveķi)
- augstas izturības pastiprinošās **šķiedras** (stiklšķiedras, ogļšķiedras, aramidšķiedra)

Šķiedru kompozīts var tikt salīdzināts ar dzelzsbetonu, kas sastāv no trauslas, formu noturošas masas (betona) un tās pastiprinoša metāla stiegrojuma.





Attēls 3. Līmēta lamināta izgatavošana ar porolona rullīti

Šķiedras tiek ievietotas (ielīmētas) šķidrā reaktīvo sveķu masā un, cietējot sveķiem, tās tiek nostiprinātas cietajā materiālā. Tādējādi var tikt izgatavotas lielu izmēru detaļas ar salīdzinoši maziem ieguldījumiem.

Ražošanas tehnoloģija tiek piemeklēta atkarībā no izstrādājumu skaita, detaļu izmēriem, mehāniskajām īpašībām un dažādām citām prasībām, kā, piemēram, detaļu vizuālā izskata, virsmas kvalitātes, nepieciešamās precizitātes, u.c.

Vispārīgi tiek pieņemts: šķiedru kompozīts rodas tikai tad, kad tiek savienoti sveķi un šķiedras. Tas nozīmē, ka **pats līmētājs izgatavo šo materiālu.**

Lai iegūtu kvalitatīvu izstrādājumu, ir jāievēro ne tikai šķiedru izklājums (novietojums, šķiedru saturs, slāņu skaits un auduma veids), bet arī rūpīga apstrāde un pilnīga sveķu izcietēšana.

## Izturība

Šķiedru kompozīta izturību galvenokārt ietekmē pastiprinošo šķiedru pielietojums.

**1. Princips:** Kompozītmateriālam šķiedru formā ir daudzkārt lielāka izturība kā līdzīgam materiālam citā formā, un jo smalkāka ir šķiedra, jo lielāka ir izturība (A. A. Griffith);

**2. Princips:** Kompozītmateriāls uzņem slodzes kā kopums, pie kurām vājākā komponente sagrautu, kamēr stiprākā komponente kompozītā var uzņemt lielāku daļu teorētiskās izturības, nekā, ja tās tiktu slogotas atsevišķi (G. Slayter).

Aplūkojot materiāla izturību, izšķir divu veidu izturības: statisko un dinamisko. Statiskā slodze nozīmē vienkāršus slogojuma veidus (stiepe, spiede, liece, u.c.), taču dinamiskais slogojums ir sistemātiski mainīgs slogojums (lieces slodzes spēka un frekvences maiņa, kombinētas stiepes – spiedes un bīdes slodzes).

Konstrukcijās, kurās notiek bieža lieces slodzes maiņa ir nepieciešama laba dinamiskā izturība, piemēram, gaisa kuģa lonžerons.

Pat pie vairākiem desmitiem tūkstošu cikliem epoksīda sveķi uzrāda vismazākās noguruma īpašības, kas nozīmē, ka tiem ir visaugstākā dinamiskā izturība.

## Matrica

Sveķu kā saistvielas uzdevums ir balstīt šķiedras un visas ārējās slodzes sadalīt uz tām. Tādējādi nepieciešama laba saistība starp sveķiem un šķiedru. Izmantotie sveķi lielā mērā ietekmē šādas īpašības: ķīmisko noturību, nogurumizturību, skrāpējumu noturību, elektriskās īpašības, kā arī rukumu cietēšanas procesā.

Blīvums, siltumvadītspēja, termiskā izplešanās, īpatnējā siltumietilpība atkarīga no sveķu, reaģentu, šķiedru un pildvielas procentuālās attiecības.

## Šķiedras

Materiāla mehāniskās īpašības, kā, piemēram, stiepes, lieces un sitienizturība, lielākoties ir atkarīgas no šķiedrām. Ražotajos izejmateriālos ir liela izvēle, tādējādi var tikt noteikts šķiedru procentuālais saturs un to orientācija.

## Cietēšana

Šķiedru kompozīta īpašības ir atkarīgas ne tikai no izejmateriāliem, bet lielā mērā arī no cietēšanas procesa norises. Tādējādi zināšanas par cietēšanas procesu ir ļoti nepieciešamas. Cietēšanas procesā, tas ir, pārejā no šķidras sveķu masas reakcijas trīsdimensionāli sasaistītā produktā izšķir trīs veidus:

- ✓ **Polimerizācija** (piemēram, nepiesātināti poliestera sveķi). Cietinātāja ietekmē, kā, piemēram, peroksīdi un katalizatori, reaģē izejvielu dubultās saites, izdaloties reakcijas siltumam; ar saitēm savienotās molekulas no izejvielām veido augsti molekulāru vielu. Ja tiek izmantotas vairākas izejvielas, kā, piemēram, nepiesātināts poliesters un stirols, tad šajā gadījumā var runāt par jaukto polimerizāciju. Izejvielai pievienojot cietinātāju, polimerizācijas reakcijai ir nepieciešams zināms reaģēšanas laiks. Pēc tam reaģējošā viela, neizdalot nekādus blakus produktus, bet, ceļoties temperatūrai un strauji pieaugot viskozitātei, salīdzinoši īsā laikā pāriet uz cietu stāvokli. Uzsāktā reakcija cietēšanas procesā vairs nevar tikt pārtraukta un nav atgriežama.
- ✓ **Poliadīcija** (piemēram, epoksīda sveķi). Atšķirībā no polimerizācijas šajā reakcijā sveķiem tiek pievienots daudz vairāk cietinātāja. Gala produkta īpašības ir atkarīgas ne tikai no reaģējošajiem sveķiem, bet arī no cietinātāja. Pāreja no šķidra stāvokļa un cietu notiek daudz vienmērīgāk un ilgāk, nekā polimerizācijas reakcijā. Reakcijā izdalās siltums.
- ✓ **Polikondensācija** (piemēram, fenolformaldehīda sveķi). Atšķirībā no polimerizācijas un poliadīcijas šajā reakcijā izejviela reaģē, izdalot blakus produktus, kā, piemēram, ūdeni. Reakcija var notikt pakāpeniski. Visbiežāk tiek izmantoti jau apstrādāti sveķi, kuru cietēšanai ir nepieciešams tikai siltums.

## Sagrūšanas elastība

Stiepes slogojuma gadījumā nav pieļaujams, ka sveķi sagrūst pirms šķiedrām, kas savādāk novestu pie plaisām un visas detaļas sagrūšanas. Sveķu sagrūšanas elastībai būtu jābūt augstākai par izmantotajām pastiprinājuma šķiedrām.

## Sveķu/šķiedru saistība

Šķiedru kompozīta kvalitāte lielā mērā ir atkarīga arī no sveķu un pastiprinājuma šķiedru saistības. Jo labāka ir šo komponentu saistība, jo augstāka ir izturība. Lai to panāktu, stiklšķiedra tiek apstrādāta ar īpašām vielām (silāns u.c.), kas nodrošina maksimālu saistību (ķīmisko) ar sveķiem. Izņēmums šeit ir aramidšķiedra (kevlārs, tvarons) un polietilēnpavedieni (dinema), kuriem nav pieejami nekādi ķīmiskie saistvielu līdzekļi. Ogļšķiedra tiek apstrādāta ar tīru epoksīdu.




Attēls 4. Līmētā lamināta piemērā tiek piesūcināts ogļšķiedras-aramidšķiedras audums ar epoksīda sveķiem planiera korpusam.



Attēls 5. Līmētā lamināta piemērs, kurā tiek pielīmēta riba pie stiklplasta lonžerona.

## Šķiedru kompozīta pielietojums

Tabula 5.

Pielietojuma joma	Pielietojuma piemērs	Specifiskās īpašības
	Antenu komponentes, satelītu konstrukcijas, spiediena tvertnes, parabolu spoguļi, optisko mērierīču konstrukcijas	Neliels svars, ar izvēlētiem pastiprinājumiem termisko izplešanos iespējams samazināt līdz nullei

 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Boeing</p>	<p>Monolītas fizeļāžas, lonžeronu konstrukcijas, spārnojums, helikopteru rotoru, propelleri, degvielas tvertnes</p>	<p>Neliels svārs, izcila statiskā un dinamiskā izturība, labas nogurumīpašības, integrēta ražošana, noturība pret koroziju</p>
 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">H. Funte</p>	<p>Lidmodeļu būve, kuģu un vējdēļu ražotne, slēpes, makšķerkāti</p>	<p>Neliels svārs, salīdzinoši mazas ražošanas izmaksas, labas piemērošanās īpašības ātriem projektiem</p>
 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zende</p>	<p>Liela virsbūves detaļas, kardāna vārpsta, nesošā konstrukcija, amortizatori, atsperes</p>	<p>Degvielas patēriņa ekonomija pateicoties nelielajam svāram, vibrāciju absorbcijas, noturība pret koroziju</p>
	<p>Vēja ģeneratoru lāpstīņas, gāzes caurules</p>	<p>Labas dinamiskās slodzes īpašības, noturība pret koroziju</p>
 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Waldner</p>	<p>Tilpnes, cauruļvadu sistēmas</p>	<p>Neliela masa, augsta lieces izturība, laba ķīmiskā noturība</p>
 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">VDI-Werlag</p>	<p>Roku un kāju protēzes, ortēzes, implantu, medicīnas aprīkojums</p>	<p>Neliels svārs, organisms labi panes materiālu</p>

Bukletā izmantots oriģinālteksts [www.r-g.de](http://www.r-g.de)

# EASY COMPOSITES

- [easycomposites@gmail.com](mailto:easycomposites@gmail.com);
- [www.easycomposites.lv](http://www.easycomposites.lv)
- +371 26137851

**EASY COMPOSITES**

[easycomposites@gmail.com](mailto:easycomposites@gmail.com); +371 26137851