

(11) **LV 15471 B1**(51) Starpt.pat.kl. **C03B37/00**
C03C25/1025
E04C5/07

Latvijas patents izgudrojumam
2007g. 15.februāra Latvijas Republikas likums

(12) **Īsziņas**

(21) Pieteikuma numurs:	P-18-61	(71) Īpašnieks(i):	RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE, Kaļķu iela 1, Rīga, LV
(22) Pieteikuma datums:	29.06.2018	(72) Izgudrotājs(i):	Andrejs KRASŅIKOVS (LV) Videvuds-Ārijs LAPSA (LV)
(43) Pieteikuma publikācijas datums:	20.01.2020		
(45) Patenta publikācijas datums:	20.03.2021		

(54) **Izgudrojuma nosaukums:** KOMPOZĪTŠĶIEDRA UN TĀS IZGATAVOŠANAS PAŅĒMIENS
COMPOSITE FIBRE AND PRODUCTION PROCESS THEREOF

(57) **Kopsavilkums:**

Izgudrojums attiecas uz būvniecības nozari. Izgudrojuma lietošanas joma ir trauslu materiālu, galvenokārt betona, stiegrošana ar īsām šķiedrām. Izgudrojuma mērķis ir palielināt kompozītmateriāla šķiedras izraušanas pretestību no stiegrojamās matricas, panākot labāku šķiedras galu enkurošanu betonā. Mērķis ir sasniegts, palielinot izmērus šķiedras galiem. Izgudrojuma kompozīto šķiedru izgatavo nepārtrauktā procesā ar pultrūzijas paņēmienu un tam sekojošu sacietējošās šķiedras sagriešanu uzdotajos garumos. To veic, sakarsējot šķiedru līdz tās matricas, kura savieno mikrošķiedras, mīkstināšanas stāvoklim, griežot ar giljotīnas tipa griežņiem un ar vienlaicīgu tās galu deformēšanu, saspiežot tos šķērsvirzienā.

IZGUDROJUMA APRAKSTS

[001] Izgudrojums attiecas uz būvniecības nozari. To lietošanas paredzamā joma ir dažādu betonu un dzelzsbetona būvju un to konstrukciju mikrostiegrošana.

Zināmais tehnikas līmenis

[002] Ir zināms kompozītmateriāla stiegru (stieņu) – oglekļa šķiedru plastmasas matricā izgatavošanas pultrūzijas paņēmieni, kas ietver šādus secīgus soļus [1]:

- 1) oglekļa elementārās mikrošķiedriņas notin no spolēm un apvieno nepārtrauktā kūlī,
- 2) kūlī nepārtraukti ievada vannā, kur to impregnē ar polimēru līmvielu un izvada,
- 3) impregnēto kūlī nepārtraukti velk caur vienu vai vairākiem filjeriem, kur atspiež lieko līmvielu un piešķir tam vajadzīgo izmēru,
- 4) impregnēto un noformēto kūlī nepārtraukti virza cauri termiskās cietināšanas kamerai līdz uzdotās stiprības sasniegšanai, un tā iegūst cietu stieni,
- 5) sacietējušo stieni ar zāģi sagriež uzdotajos garumos.

[003] Ar šo procesu iegūtajām stiegrām nav pietiekamas adhēzijas betonā.

[004] Ir zināms stikla šķiedru polimēru matricas stiegras izgatavošanas pultrūzijas paņēmieni, kas ietver šādus secīgus soļus [2]:

- 1) stikla elementārās mikrošķiedriņas notin no spolēm un savieno nepārtrauktā kūlī,
- 2) kūlī nepārtraukti ievada un izvada no vannas, kura satur saistvielu – termoplastika kausējumu. Šeit to impregnē ar izkausēto termoplastiku,
- 3) impregnēto kūlī nepārtraukti velk caur filjeru, kur atspiež lieko izkausēto termoplastiku, sablīvē šo kūlī un kalibrē,
- 4) impregnēto un kalibrēto kūlī nepārtraukti velk cauri termiskās cietināšanas kamerai līdz uzdotās stiprības sasniegšanai un tā iegūst cietu stiegru,
- 5) sacietējušo stiegru sagriež uzdotajos garumos.

[005] Ar šo paņēmieni iegūtā stieņa galiem nav enkurojošo elementu stiegrojamā materiālā.

[006] Ir zināms stikla mikrošķiedras pavedienu - termoplastiskas matricas izgatavošanas pultrūzijas paņēmieni, kas ietver šādus secīgus soļus [3]:

- 1) stikla elementārās mikrošķiedriņas notin no spolēm un apvieno nepārtrauktā kūlī,

- 2) kūli nepārtraukti ievada vannā, kur to impregnē ar saistvielu – termoplastiskās plastmasas kausējumu,
- 3) impregnēto šķiedru kūli nepārtraukti velk no vannas cauri diviem filjeriem, kur atspiež lieko termoplastika kausējumu, un to atgriež atpakaļ vannā,
- 4) tādā veidā iegūto stikla šķiedru plastika pavedienu nepārtraukti velk cauri termiskās cietināšanas kamerai līdz uzdotās stiprības sasniegšanai,
- 5) iegūto šķiedras pavedienu mehāniski sagriež līdz uzdotiem garumiem.

[007] Īsā kompozītā stiegra sastāv no mikrošķiedru kūļa polimēra matricā. Mikrošķiedras stiegrā ir orientētas vienā virzienā. Tāda kompozītā stiegra tālāk tekstā tiek saukta par šķiedru, atšķirībā no stikla, oglekļa, aramīda, bora un citām dabiskas izcelsmes vai tehnoloģiski iegūtām mikrošķiedrām, kuru diametri ir mazāki. Mikrošķiedru kūlis polimēru matricā veido kompozīto materiālu. Šķiedra ir izgatavota no tāda materiāla. Šķiedras iegūšanas paņēmiens un šķiedra [3] ir izvēlēti par izgudrojuma prototipu.

[008] Prototipa paņēmiena trūkums ir tas, ka nav iespējams iegūt pavedienu vai šķiedru, kuru varētu izmantot minerāla būvmateriāla, piemēram, ģipša vai betona, stiegrošanai, jo ar parastajiem nažiem, griežņiem vai zāģiem nogriezto šķiedru gala ģeometrija nenodrošina pietiekošu enkurojumu apkārtējā stiegrojamā materiālā (piemēram, betonā). Stiepes slodzes ietekmē šķiedras gali var no stiegrojamā materiāla izslīdēt.

Izgudrojuma mērķis un būtība

[009] Izgudrojuma mērķis ir radīt kompozītas šķiedras ar paplašinātiem galiem, kuri kalpotu par enkuriem matricā, piemēram, betonā, un būtiski palielinātu to izraušanas pretestību no matricas.

[010] Šī mērķa sasniegšanai tiek piedāvāta atsevišķa elementāra kompozītā šķiedra, vai arī no mikrošķiedrām veidots saistīts vai nesaistīts savērpts vai sapīts kūlis vai pavediens, kuru gali ir ar palielinātiem izmēriem šķērsvirzienā. Kūļa vai pavediena elementārās šķiedriņas (mikrošķiedras) šajos paplašinātajos galos var būt savā starpā savienotas (salīmētas, sakausētas).

[011] Mikrošķiedru kūlis vai pavediens var saturēt gan viena materiāla elementārās šķiedras, gan arī var būt sakomponēts no dažādu materiālu mikrošķiedrām ar atšķirīgām kušanas temperatūrām. Tās var būt, piemēram, minerāla (piemēram, stikla) mikrošķiedras, kuras kopā ar sintētiskajām (piemēram, polipropilēna) mikrošķiedrām ir savienotas vienā kūlī.

[012] Izgudrojuma kompozīto šķiedru izgatavošanas pultrūzijas paņēmieni ietver šādus secīgus soļus:

- 1) elementārās mikrošķiedriņas nepārtrauktā procesā notin no spolēm un savieno uzdotā izmēra kūlī,
- 2) sagatavoto mikrošķiedriņu kūlī nepārtraukti iegremdē vannā, kur to impregnē ar saistvielu un izvelk no tās,
- 3) impregnēto mikrošķiedriņu kūlī velk cauri kalibrējošiem filjeriem, kur atspiež no kūļa lieko saistvielu, noblīvē un kalibrē to,
- 4) impregnēto un kalibrēto šķiedru kūlī velk cauri termiskās cietināšanas kamerai līdz uzdotās stiprības sasniegšanai,
- 5) nocietināto šķiedru kūlī sagarina uzdoto izmēru posmos ar paņēmieni, kurš deformē spiedē šo šķiedru posmu galus tā, lai šo galu viens diametrs kļūtu lielāks par paša kūļa sākotnējo diametru. Šim nolūkam impregnēto un nocietināto šķiedru kūlī sagriež ar sakarsēta metāla griežņiem. Tiem abās pusēs ir plakanas sildvirsmas, bet šo virsmu vidū, perpendikulāri sagriežamajam stienim abās pusēs, ir novietoti giljotīnas tipa griežņu asmeņi. Griežņu temperatūra ir augstāka par saistvielas kušanas temperatūru, bet zemāka par tās aizdegšanās temperatūru. Ja šķiedru kūlis satur dažādu materiālu mikrošķiedras, tai skaitā sintētiskās polimēru materiālu šķiedras, tad līdzīgas prasības uz griežņiem ir attiecināma arī uz to īpašību ievērošanu – griežņu temperatūrai ir jābūt robežās no šo šķiedru kušanas temperatūras līdz to aizdegšanās temperatūrai,
- 6) impregnētām kalibrētām šķiedru kūļa griešanas procesa laikā vienlaicīgi griežņu vidū esošais asmenis sadala formējamo kūlī, nokarsētā griežņa plakanā daļa sakarsē un izkausē matricu mikrošķiedru starpā, kā arī sintētiskās šķiedras un saspiež to vertikālā virzienā, bet otrā, horizontālajā virzienā kūļa gali deformējas un paplašinās uz sāniem, un pēc atdzišanas matricas mikrošķiedru starpa sacietē. Paplašinātie gali kļūst par kompozītas šķiedras abu galu enkurojuma elementiem stiegrojamā matricā.

[013] Sacietējušās kompozītas šķiedras sakarsēšanu līdz temperatūrai, kad matricā starp mikrošķiedrām kļūst mīksta, šķiedras deformēšanu un sagriešanu var veikt arī ar citiem paņēmieniem, piemēram, iedarbojoties uz to ar augstas frekvences elektromagnētiskajiem viļņiem. Pēc sagriešanas šķiedru gali tiek atdzesēti, tad tie sacietē un šķiedras ir gatavas lietošanai dažādu būvkonstrukciju stiegrošanai.

Izgudrojuma realizācijas piemērs

[014] Šķiedru kūli savieno no polipropilēna (DURUS S400, ražotājs ADFIL [4]) ar diametru no 20 līdz 30 μm un sārmu izturīga (Anti-Crack HP, ražotājs Owens Corning [5]) stikla mikrošķiedriņām ar diametru no 14 līdz 19 μm masas proporcijās 3:1, nepārtraukti notinot no spolēm un savienojot kūlī. Šo kūli nepārtraukti iegremdē vannā, kur to impregnē ar termoplasta kausējumu, kura temperatūra ir 190 °C. Impregnēto mikrošķiedru kūli nepārtraukti velk cauri kalibrējošiem filjeriem. Impregnēto un kalibrēto kūli velk cauri cietināšanas kamerai ar temperatūru 10–20 °C, kur termoplasts sacietē un tā iegūst nepārtrauktu kompozītmateriālu šķiedru. Nocietināto šķiedru sagarina 30–60 mm garos posmos ar līdz 200 °C nokarsētiem giljotīnas tipa metāla griežņiem. To asmeņu abās pusēs ir sakarsētas plakanas sildvirsmas ar temperatūru līdz 200 °C. Griešanas procesā šīs sildvirsmas sakarsē. Gan stikla mikrošķiedras, gan polipropilēna mikrošķiedriņas tiek pārgrieztas, bet polipropilēna šķiedru grieztie gali turklāt arī izkūst un monolitizē stikla mikrošķiedriņu galus. Sakarsēto griežņu vertikālais spiedes spēks saspiež sagriežamās šķiedras galus, saplacina tos un palielina šķiedras izmēru šķērsvirzienā līdz 150–200 % no sākotnējā diametra, šajā piemērā šķiedras izmērs šķērsvirzienā pieaug no 0,8 mm līdz 1,8–2,3 mm. Paplašinātie gali tālāk kalpo par iegūto kompozītmateriāla šķiedru galu enkurojumiem matricā, kuri palielina to izraušanas spēku no matricas un tādā veidā palielina tās stiepes stiprību.

[015] Salīdzinot ar tirgū atrodamām metāla šķiedrām, izgudrotās jaunās kompozītās šķiedras dod iespēju iegūt šādas priekšrocības [6]:

- 1) Tehnisko efektu – pie vienāda šķiedru patēriņa var būtiski palielināt konstrukciju slodzes nestspēju, vai arī otrādi – pie vienādas prasītās nestspējas var samazināt gan šķiedru, gan arī matricas materiālu patēriņu un konstrukcijas svaru;
- 2) Ekonomisko efektu – samazinātas būvkonstrukcijas materiālu patēriņš, tās svars un ražošanas izmaksas, un tāpat arī visa objekta samazinātas būvizmaksas;
- 3) Kompozīto šķiedru galu enkurojuma pastiprināšana atbilstoši piedāvātam paņēmienam nodrošinās šīs priekšrocības.

Informācijas avoti

1. L. F. Fruga, Pultrusão de fibra de carbono para fabric ação das mesas das logarinas de asas de aeronave [tiešsaite]. [skatīts 2017.g. 15. jūnijā]. Pieejams: <https://www.youtubecom/watch?=&v=0MDBGVdorfQ>
2. P. J. Novo, J. F. Silva, J. P. Nunes, A.T. Manques, Pultrusion of Fibre Reinforced Thermoplastic Pre-impregnated Materials. *Composites Part B: Engineering*, vol. 89, 2016, lpp. 328–339.
3. G. Becthold, K. Kameo, F. Lamglex, H. Hamada, K. Friedrich, Pultrusion of Braided Thermo-plastic Commingled Yarn – Simulation of the Impregnation Procars. In: *Proceedings of the 5th International Conference On Flow Processes in Composite Materials*, Plymouth, UK, July 1999, lpp. 257–264.
4. DURUS S400 macro synthetic fibres [tiešsaite]. [skatīts 2018.g. 20. martā]. Pieejams: http://www.adfil.com/media/2617/leaflet_adfil_durus_s400.pdf
5. ANTI-CRAK® HP 67/36 [tiešsaite]. [skatīts 2018.g. 20. martā]. Pieejams: http://www.ocvreinforcements.com/uploadedFiles/Reinforcement/CemFil/Doc/CemFIL_AntiCrak_HP_6736_product_sheet_ww_10-2014_Rev8_EN_final.pdf
6. A. Lukasenoks, A. Macanovskis, A. Krasnikovs, V. Lapsa, Composite Fiber Pull-Out in Concretes with Various Strengths. In: *Proceedings of the 15th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development"*, Jelgava, Latvia, 25–27 May 2016, vol. 15, Jelgava: 2016, lpp.1417–1423. ISSN 1691-5976.

PRETENZIJAS

1. Kompozītmateriālu šķiedra, saturoša oglekļa, dabiskas, sintētiska materiāla, un/vai minerālas izcelsmes materiāla, vai to kompozīcijas, piemēram, stikla elementāro mikrošķiedriņu kūli, kuru impregnē saistvielas matricā, kas atšķiras ar to, ka tās nogrieztie gali vienā virzienā ir saplacināti un ir ar palielinātu diametru virzienā, kurš ir perpendikulārs tās saplacināšanas virzienam.

2. Kompozītmateriālu šķiedras saskaņā ar 1. pretenziju izgatavošanas paņēmiens, kas ietver šādus secīgus soļus:

- 1) elementārās mikrošķiedriņas tiek nepārtraukti padotas no spolēm savienojot tos mikrošķiedru kūlī,
- 2) kūli nepārtraukta diega veidā iegremdē vannā ar šķidru saistvielu,
- 3) kūli vannā impregnē ar saistvielu un izvelk no tās,
- 4) izejot no vannas kūli impregnētu ar saistvielu kalibrē velkot to cauri filjeriem,
- 5) kalibrētā kūlī saistvielu sacietina un rezultātā veidojās nepārtrauktais kompozītais stienis (kompozītā šķiedra), kurš sastāv no vienā virzienā orientētām mikrošķiedrām saistvielas matricā,
- 6) šķiedru sagriež noteikta garuma gabalos,
- 7) pie sagriešanas, īsas šķiedras galus deformē spiedē vienlaicīgi sakarsējot šķiedru griezuma vietā līdz kompozīta materiāla matricas mīkstināšanas stāvoklim pie temperatūras augstākas vai vienādas ar tā kušanas temperatūru, bet zemākas par tā aizdegšanās temperatūru.

3. Paņēmiens saskaņā ar 2. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka sacietējušās kompozītas šķiedras sagriešanu veic ar vienu vai diviem nokarsētiem griežņiem, kuri satur plakanas siltuma plūsmas kontaktpvirsmas un kuru vidū atrodas griežņu asmeņi.

4. Paņēmiens saskaņā ar 3. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka sacietējošā kūļa sakarsēšanu pirms tā spiedes deformācijas un sagriešanas veic iedarbojoties uz to ar augstas frekvences elektromagnētiskiem viļņiem.