



REPUBLIKA SLOVENIJA
Urad RS za intelektualno lastnino

(10) **SI 22417 A**

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **200600290**

(51) Int. Cl. (2006)

(22) Datum prijave: **22.12.2006**

E01F 8/00

G10K 11/00

(45) Datum objave: **30.06.2008**

(72) Izumitelj: **JAPELJ Boštjan, 8000 Novo mesto, SI;
KRVAVICA Robert, 8000 Novo mesto, SI**

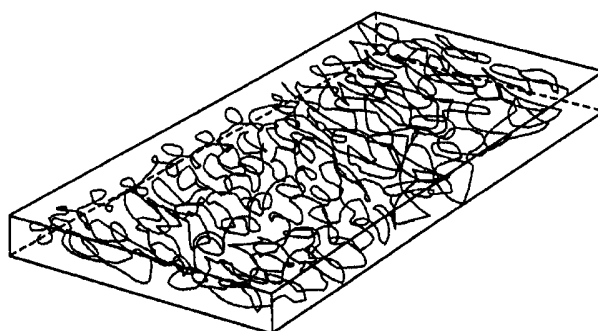
(73) Imetnik: **AKRIPOL proizvodnja in predelava polimerov, d.d.,
Prijateljeva 11, 8210 Trebnje, SI**

(74) Zastopnik: **Patentna pisarna d.o.o., Čopova 14, p.p. 1725, 1001 Ljubljana, SI**

(54) **PLOŠČE S PROTIHRUPNIM IN PROTIFRAGMENTACIJSKIMI LASTNOSTMI NA OSNOVI AKRILNEGA
STEKLA, POSTOPEK NJIHOVE IZDELAVE IN NJIHOVA UPORABA**

(57) Predloženi izum se nanaša na plošče na osnovi polimetilmetakrilata (t.im. akrilnega stekla) s vključenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, pri čemer so ojačitvena polimerna vlakna v polimetilmetakrilatno matrico vključena tako, da so vlakna v plošči usmerjena v vse smeri in razporejena navidez enakomerno v vseh smereh, tako da so navidez enakomerno porazdeljena v

bistvu skozi celoten prečni prerez plošče oziroma preko njenega celotnega volumen. Še posebej se predloženi izum nanaša na polimetilmetakrilatne plošče s vključenimi poliamidnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta. Predloženi izum se nanaša tudi na postopek izdelave takšnih plošč in njihovo uporabo, še zlasti kot protihrupni elementi ob cestah z dobrimi protifragmentacijskimi lastnostmi.



SI 22417 A

Plošče s protihrupnimi in protifragmentacijskimi lastnostmi na osnovi akrilnega stekla, postopek njihove izdelave in njihova uporaba

Tehnično področje, v katero spada izum

Predloženi izum se nanaša na plošče na osnovi polimetilmetakrilata (t.im. akrilnega stekla) z vključenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, pri čemer so ojačitvena polimerna monofilamentna vlakna v polimetilmetakrilatno matrico vključena tako, da so vlakna v njej usmerjena v vse smeri in razporejena navidez enakomerno v vseh smereh, tako da so navidez enakomerno porazdeljena v bistvu skozi celoten prečni prerez plošče oziroma preko njenega celotnega volumna. Predloženi izum se nanaša tudi na postopek izdelave takšnih plošč in njihovo uporabo.

Še zlasti se predloženi izum nanaša na transparentne plošče na osnovi polimetilmetakrilata (PMMA), v katerega so vključena poliamidna monofilamentna vlakna, ki so v obliki tridimenzionalnega prepleta oz. vlaknovine, navidez enakomerno skozi v bistvu celoten prečni prerez plošče oz. preko njenega celotnega voluma. Te plošče so še zlasti primerne kot protihrupni elementi za ograje na avtocestah, mostovih, viaduktih in podobnem, ker imajo poleg protihrupnih lastnosti zaradi vgrajenih ojačitvenih polimernih monofilamentnih vlaken tudi dobre protizlomne in protifragmentacijske lastnosti.

Stanje tehnike

Protihrupne plošče na osnovi akrilnega stekla z vključenimi ojačitvenimi monofilamentnimi nitmi in njihova izdelava so bile opisane že v EP 0 407 852 A2. V tem dokumentu so opisane plošče, ki imajo, glede na njihov prečni prerez, približno sredinsko nameščene monofilamentne niti iz plastičnega materiala (poliamida) ali iz

njih izdelano mrežasto tkanino. Izdelava teh plošč poteka tako, da se monofilamentne niti, ki imajo prednostni premer od 0,2 do 2 mm, napnejo skozi kalup, nakar se vanj vlije predpolimer na osnovi akrilatov. Po eni izvedbi so niti nameščene vzporedno, pri čemer je razdalja med nitmi med 8 in 100 mm, niti pa so lahko tudi v obliki mreže (t.j. niti so nameščene pod kotom 90°).

V dokumentu EP 0 826 832 A2 so opisane protihrupne plošče s protifragmentacijskimi lastnostmi, izdelane iz akrilnih polimerov in z vključenimi monofilamentnimi nitmi, ki pa niso nameščene sredinsko glede na prečni prerez plošče. V dokumentu je opisano, da so niti nameščene v debelini med 20 in 35 % celotne debeline plošče, in sicer proti površini, nasprotni tisti, ki je izpostavljena naletu vozila oz. udarcu. Iz tega izhaja, da je zaradi lege vlaken pomembno, katera površina plošče je izpostavljena udarcu oz. naletu vozila, zaradi česar lahko ploščo glede na njene mehanske lastnosti opredelimo kot "dvostransko" - ena stran plošče je v bistvu bolj ojačena za mehanske obremenitve kot druga. Opisano je tudi, da imajo monofilamentne niti splošno premer med 0,1 in 4 mm, prednostno med 2 in 3 mm. Niti ali trakovi, izdelani iz njih, so nameščeni v razdalji od 10 do 100 mm. Tudi v tem primeru gre za v bistvu planarno strukturo vdelanih niti (niti so v eni ravnini) t.j. gre za napete niti, mrežo ali trakove. Monofilamentne niti so napete skozi kalup bodisi vzporedno ali pa v obliki trakov ali mreže. V primeru trakov imajo le-ti širino 5–25 mm in debelino, ki je enaka tisti, ki jo imajo monofilamente niti, iz katerih so izdelani. V tem dokumentu ni opisano, na kakšen način se niti vgradijo v ploščo oz. na kakšen način se doseže ustrezna lega vgrajenih niti v teku postopka izdelave plošče oz. ob polimerizaciji PMMA.

Tudi EP 1 119 662 B1 (WO 00/20690 A1) opisuje protihrupne plošče iz akrilnega stekla, ki imajo v akrilno matrico vključene monofilamentne niti z namenom izboljšati protifragmentacijske lastnosti plošč in ki imajo maksimalno odstopanje 1 mm ali več, prednostno 5 mm, od namišljene ravne črte, ki teče skozi konca te niti. Poliamidne ali polipropilenske niti so lahko vstavljene v ploščo prečno ali vzporedno z ravnino

plošče. Niti so lahko vključene tako, da so med seboj vzporedne in tečejo v eni smeri, lahko pa tečejo med seboj vzporedno tudi v več smereh. Premer uporabljenih niti je od 0,2 do 2,0 mm, razdalja med sosednjimi nitmi pa je lahko v območju med 8 in 100 mm. Ena izmed izvedbenih variant je, da so niti vstavljene tako, da je v prečnem prerezu vidna valovita razporeditev niti. Tudi v tem primeru gre za niti, ki so razporejene vzporedno in v bistvu planarno. Iz primerov je razvidno, da so tudi tu v postopku izdelave plošče niti vstavljene v ploščo tako, da so napete skozi kalup.

V dosedanjih rešitvah, znanih iz stanja tehnike, se v ploščo na osnovi akrilnih polimerov niti vključijo torej tako, da se jih napne skozi kalup, nakar se v kalup vlije predpolimer, ki tvori polimerno matrico (npr. PMMA). Za napenjanje je potreben mehanizem za vstavljanje in vzdrževanje pozicije niti vse od sestave kalupa do konca utrjevanja polimetilmetakrilata. Niti so napete v nekem točno določenem redu oz. določeni porazdelitvi, ki je pogojena med drugim tudi z napenjalnim orodjem, kar ima za posledico neojačene dele med vzporedno razporejenimi nitmi, t.j. na mestih, kjer je samo PMMA. Poleg tega zahteva napenjanje monofilamentnih niti ali mreže ali pasov pri postopku izdelave ojačene akrilne plošče tudi nek določen dodatni čas. Prav tako ni razvidno, da bi bile mnofilamentne niti navidez enakomerno porazdeljene skozi celoten prečni prerez plošče in s tem skozi celoten volumen plošče.

Rešitev tehničnega problema in podroben opis izuma

Predloženi izum se nanaša na plošče na osnovi polimetilmetakrilata s vključenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, ki so v polimetilmetakrilatno matrico vključena tako, da so v plošči usmerjena v vse smeri in razporejena navidez enakomerno v vseh smereh, tako da so vlakna navidez enakomerno porazdeljena v bistvu skozi celoten prečni prerez plošče oz. skozi njen celoten volumen.

Razporeditev skozi v bistvu celoten prečni prerez plošče oz. skozi njen volumen pomeni, da je preplet vlaken razporejen preko vsaj 90 % njenega celotnega prečnega prereza oz. volumna.

Ojačitvena polimerna monofilamentna vlakna so v ploščo v smislu izuma vključena v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken oz. vlaknovine. Torej so plošče v smislu izuma ojačene v vseh (treh) smereh. Do sedaj ni znano, da bi obstajale plošče iz akrilnega stekla s vključenimi tridimezonalnimi prepleti vlaken, kot tudi ne, da bi se pri postopku izdelave ojačenih plošč iz akrilnega stekla za ojačitev in izboljšanje njihovih protifragmentacijskih lastnosti uporabljali tridimenzionalni prepleti polimernih vlaken.

Plošče v smislu izuma so še zlasti primerne kot protihrupni elementi npr. na avtocestah, mostovih, viaduktih, uporabljajo pa se lahko tudi v fasadnih sistemih zgradb, za predelne stene, stopniščne ograje ipd. Zaradi monofilamentnih vlaken, ki so v ploščo vključena preko njenega celotnega prečnega prereza, imajo plošče v smislu izuma izboljšane protizlomne oz. protifragmentacijske lastnosti, saj lahko npr. v primeru naleta vozila v protihrupni element ob cesti preprečijo odpadanje tudi majhnih zlomljenih delcev protihrupnega elementa na cestišče ali v okolje. Plošče v smislu izuma lahko uporabimo tudi pri delovnih napravah in strojih, kjer je potrebna zaščita pred naletavanjem delcev, pri katerih se za tovrstno zaščito sedaj uporabljajo plošče iz neojačenega PMMA ali polikarbonata. V primeru zloma plošče z vgrajenimi polimernimi, prednostno poliamidnimi vlakni v smislu izuma, vgrajena vlakna preprečujejo nastajanje in odpadanje tudi majhnih zlomljenih delcev, saj se le-ti oprimejo vgrajenih poliamidnih vlaken.

Predloženi izum se nanaša tudi na nov postopek izdelave plošč na osnovi polimetilmetakrilata s vključenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken.

Podrobneje postopek izdelave plošč v smislu izuma poteka tako, da

- se v delno zgotovljen kalup, ki ga na eni strani predstavlja plošča iz kaljenega stekla, na katero je nameščeno ustrezno tesnilo,
- položijo ojačitvena polimerna monofilamentna vlakna v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, ki ima sposobnost ohraniti obliko skozi dolgo časovno obdobje, pri čemer so vlakna v tem prepletu usmerjena v vse smeri in navidez enakomerno razporejena v vseh smereh, na način, da je preplet vlaken nameščen po celotni površini delno zgotovljenega kalupa,
- nakar se na tako pripravljeno konstrukcijo položi druga plošča iz kaljenega stekla in kalup fiksira,
- nato pa se v tako pripravljen kalup vlije predhodno pripravljen ustrezen predpolimer na osnovi metilmetakrilata,
- čemur sledijo v stroki znane faze polimerizacije in razkaljupljenja, tako da se na koncu dobi polimetilmetakrilatna plošča s vključenimi vlakni.

Pri postopku v smislu izuma ni potrebno vzdrževanje vstavljenih vlaken v kalupu z namenom zagotoviti enakomerno razporeditev vlaken skozi celoten volumen končne plošče, saj ima uporabljen tridimenzionalni preplet vlaken dovoljšnjo trdnost, da vlakna ostanejo na mestu in se v kalupu zaradi lastne teže ne posedajo. Ustrezna postavitev vlaken skozi celoten prečni presek končne plošče se doseže sama po sebi na račun debeline prepleta poliamidnih vlaken (ki je v bistvu enak debelini končnega produkta), ki so na tak način razporejena v bistvu preko celotnega volumna plošče. Postopek v smislu izuma ne zahteva dodatnih napenjalnih mehanizmov za napenjanje ojačitvenih polimernih monofilamentnih niti, zaradi česar je postopek enostavnejši, saj odpade faza napenjanja niti, hkrati pa je zato tudi krajši.

Primerna ojačitvena monofilamentna polimerna vlakna za uporabo v smislu izuma so lahko polietilenska, polikarbonatna, poliamidna ali polipropilenska vlakna, ki so bila predhodno oblikovana, npr. z ekstrudiranjem, v tridimenzionalni preplet vlaken oz.

vlaknovino, ki ima sposobnost ohraniti obliko (debelino in širino) skozi dolgo časovno obdobje. Preplet je narejen v bistvu iz neskončnih vlaken.

V prednostni izvedbi predloženega izuma so v ploščo na osnovi polimetilmetakrilata vključena poliamidna monofilamentna vlakna v obliki tridimenzionalnega prepleta, ki je samostojna tridimenzionalna tvorba. Vlakna, prednostno poliamidna vlakna, imajo lahko premer od 0,2 do 2 mm, prednostno od 0,5 do 0,8 mm, še zlasti prednostno 0,7 mm.

Masa tridimenzionalnega prepleta polimernih monofilamentnih vlaken, prednostno poliamidnih vlaken, ki se lahko uporablja v smislu predloženega izuma, je lahko med 50 in 1000 g/m². V prednostni izvedbi ima tridimenzionalni preplet poliamidnih vlaken maso med 300 do 500 g/m².

V odvisnosti od končnega namena uporabe plošč v smislu izuma imajo plošče lahko debelino od 3 mm do 100 mm, prednostno od 3 do 25 mm.

V še zlasti prednostni izvedbi plošče v smislu izuma je v ploščo vključen preplet vlaken, v katerem imajo poliamidna vlakna premer 0,7 mm, pri čemer ima preplet debelino $13,5 \pm 0,5$ mm in maso 380 ± 20 g/m², izdelana plošča pa ima debelino okoli 15 mm. V takem primeru predstavlja masa vključenih vlaken približno 2,5 % celotne mase končnega izdelka.

V plošče v smislu izuma je lahko vključen ojačitveni tridimenzionalni preplet, ki je izdelan iz vlaken vseh barv, pač v odvisnosti od končnega namena uporabe izdelka in tudi zelenih dekorativnih učinkov. Prednostno je v plošče vključen preplet vlaken iz brezbarvnih (transparentnih) poliamidnih vlaken. S vključitvijo prepleta iz brezbarvnih poliamidnih vlaken v ploščo zagotovimo, da se skozi ploščo v smislu izuma prepusti vsaj 90 % vpadnega svetlobnega toka, saj se svetloba lahko presvetli tudi skozi ojačitvena vlakna.

Prepuščena svetloba se zaradi različnih lomnih količnikov PMMA matrice in poliamidnih vlaken v izdelku različno lomi. V odvisnosti od tega, kakšen je premer in preplet vlaken v prepletu, ki ga vstavimo v PMMA matrico, lahko z ustrezno dovolj veliko debelino in gostoto vlaken zagotovimo dovolj dobro vidnost ojačitvenega prepleta v plošči, s čimer se lahko, npr. ob njeni uporabi kot protihrupni cestni element, zmanjša verjetnost za zaletavanje ptic v sicer prosojen protihrupni cestni element.

Plošča v smislu izuma ima zaradi enakomerne porazdelitve vlaken v vse smeri in v bistvu skozi njen celoten volumen obe strani z v bistvu enakimi mehanskimi lastnostmi. Pri njej se ne pojavlja t.im. dvostranskost, se pravi razlika v lastnostih ene in druge strani plošče, zaradi česar pri montaži plošče na končni objekt, kot npr. protihrupni cestni element, ni potrebno paziti, s katero stranjo je obrnjena proti cestišču.

Na račun enakomerne razporeditve niti po celotnem volumnu plošče in na račun enakomernejše gostote vlaken v vsakem kubičnem centimetru plošče se lahko napetosti, ki se pojavijo v materialu pri udarcu v ploščo, prenesejo na večje število vlaken. Poleg tega predvidevamo, da ima plošča večjo trdnost tudi zaradi tega, ker vlakna niso "prednapeta" oz. v njih ni napetosti kot posledice predhodnega napetja niti na ogrodje oz. kalup z namenom njihove vgradnje v ploščo. Zaradi tega lahko takšna plošča zdrži večje obremenitve, pričakujemo pa lahko, da bodo tudi majhni delci, ki nastanejo pri razbitju plošče, obviseli na vključenih ojačitvenih vlaknih in ob zlomu plošče ne bodo padali v okolico, na primer, v primeru uporabe plošč kot protihrupne ograje ob cestišču, na cestišče.

Ker je v plošči v smislu izuma več ojačitvenih vlaken in so le-ta so v primerjavi s ploščami iz stanja tehnike razporejena enakomerneje preko celotnega volumna plošče, je izboljšana udarna obstojnost plošč. Udarna obstojnost zavzema enakomernejše

vrednosti po celotni površini plošče v primerjavi z do sedaj znanimi ploščami, pri katerih so velike neojačene vrzeli med vzporedno razporejenimi nitmi.

Nov postopek izdelave polimetilmetakrilatnih plošč s vključenimi ojačitvenimi poliamidnimi monofilamentnimi vlakni v smislu izuma poteka po prednostni izvedbi izuma podrobneje tako, da se najprej monomer metilmetakrilat in dodatki, ki so običajni v stroki, dozirajo v ustrezen reaktor. Dodatki, ki se uporabijo v majhnih količinah in ki določajo lastnosti akrilnega stekla oz. pomagajo pri sintezi, so: azo in peroksi iniciatorji, redoks iniciatorji, mehčala, barvila (pigmenti, barve), ločilna sredstva, optični belilci, UV stabilizatorji in ostali akrilati in metakrilati, predvsem butilakrilat, etilakrilat, 2-etilheksilakrilat, akrilna in metakrilna kislina.

V reaktorju se pripravi predpolimer tako, da se sproži reakcija polimerizacije metilmetakrilata do ustrezne konverzije, npr. 10 – 30 %, prednostno 15 – 20 %. Običajno reakcija poteče v 1,5 ure. Nastali predpolimer, ki ima visoko viskoznost, se pretoči v mešalne posode, kamor se po želji vmešajo še barvila in ostali dodatki, kot so peroksi iniciatorji in zamreževalci. Predpolimer je pripravljen za vlivanje.

Kalup za vlivanje predpolimera sestavimo na liniji za sestavo kalupov. Najprej se kaljena stekla, ki so lahko različnih dimenzij, ustrezno očistijo in posušijo. Nato se na mizi za napeljavo tesnila, ki je prednostno na osnovi polivinilklorida (PVC), 3-5 cm od roba stekla namesti polivinilkloridni profil ustrezne debeline, na steklo se položi samostoječ tridimenzionalni ojačitveni preplet polimernih monofilamentnih vlaken, v naslednji fazi pa se na to konstrukcijo položi še eno kaljeno steklo. Tako dobimo steklen kalup, ki ima vstavljen ojačitveni tridimenzionalni preplet vlaken, prednostno iz poliamidnih vlaken, in ob robu nameščeno tesnilo.

V sestavljene kalupe se glede na želeno in potrebno količino gravimetrično od dozira oz. vlije pripravljen predpolimer. Napolnjene kalupe zlagamo v navpično lego v posebne regale. Ker ima tridimenzionalni preplet dovoljšnjo trdnost vlaken (t.j. je

samostojč), vlakna ostanejo v prvotni legi in ne prihaja do posedanja ali premika vlaken. Regale postavimo v vodne bazene, ki imajo temperaturo 45 – 60 °C. Pri tej temperaturi poteče v obdobju 5–15 ur glavnina polimerizacije.

Sintezo plošč dokončamo v zračni peči pri temperaturi 100 – 130 °C. V tej fazi poteče polimerizacija v obdobju 2–5 ur popolnoma do konca. Po končanem postopku se kalupi ohladijo in plošče vzamejo iz kalupov.

Mehanske lastnosti plošč se določajo z v stroki uveljavljenimi standardnimi testi in metodami.

Udarne lastnosti plošč smo določili z ugotavljanjem udarne žilavosti po Charpyju po standardu ISO 179, ki predstavlja energijo, ki je potrebna, da material počí.

Naše meritve žilavosti po tem standardu za plošče v smislu izuma, ki smo jih izdelali po gornjem novem postopku, so pokazale do 1,7-krat višjo vrednost žilavosti kot pri neojačenem PMMA materialu. Meritve Inštituta za raziskavo cest in mostov IBDiM iz Varšave, Poljska (IBDiM, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Varшава, Poljska) so v povprečju pokazale 1,52-krat višjo vrednost žilavosti v primerjavi z običajnimi PMMA ploščami. Absolutna vrednost žilavosti je segala od 19,8 do 22,3 kJ/m².

Zaradi izboljšanja udarnih lastnosti plošč je mogoče sklepati, da plošče v smislu izuma prenesejo višje udarne obremenitve. To pomeni, da kompenzirajo višjo energijo, ki se sprosti ob udarcu ali naletu vozil. Pri naših meritvah, izvedenih po standardu EN 1794-1, Aneks C – "Test na odpornost na kamenčke" ("Impact of stones"), smo določili več kot 3x višjo vrednost energije kamenčkov, kot je potrebna glede na standard in glede na neojačene PPMA plošče.

Na sliki 1 je ponazorjena plošča z vključenimi ojačitvenimi monofilamentnimi poliamidnimi vlakni v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken.

Naslednja primera služita zgolj za ponazoritev predloženega izuma in nikakor ne predstavljata omejitve njegovega obsega.

Primer 1

Sinteza laboratorijske plošče

Kalup smo pripravili iz 2 kaljenih stekel, debeline 5 mm, širine 275 mm in višine 350 mm, in PVC tesnila debeline 17 mm. Tesnilo smo napeljali po samo treh straneh, tako da je bil na vrhu še odprt. Stisnili smo ga s fiksnimi prižemami. V kalup smo vstavili tridimenzionalni preplet brezbarvnih poliamidnih vlaken Geomat Italgrimp proizvajalca Greenvision Ambiente divizione Italdreni, Italija, tako da je preplet v bistvu pokrival celotno površino/volumen kalupa. Preplet je imel debelino $13,5 \pm 0,5$ mm in površino 200 mm x 200 mm. Debelina posameznih vlaken je bila $0,5 \pm 0,03$ mm, masa prepleta je bila 350 ± 20 g/m².

V reaktorju smo pripravili predpolimer iz 1,5 kg zmesi monomerov metilmetakrilata (MMA) in 2-etilheksilakrilata (2-EHA) ter komercialno dostopnega azo iniciatorja. Zmes smo ob konstantnem mešanju segreli na temperaturo 92°C in to temperaturo ves čas reakcije tudi vzdrževali. Po 15 minutah na temperaturi reakcije smo zmes ob konstantnem mešanju ohladili na sobno temperaturo. Predpolimeru smo izmerili viskoznost po Fordu: čaša po Fordu $\varnothing = 4$ mm, iztočni čas predpolimera pri 23 °C je bil 154 s.

Tako pripravljen predpolimer smo pretočili v čašo in mu ob konstantnem mešanju dodali komercialno dostopne peroksi iniciatorje in zamreževalec 1,4-butandiol dimetakrilat (1,4-BDDMA). Dobro premešano zmes smo prefiltrirali in vlili v pripravljen kalup. Kalup smo za 12 ur postavili v vodno kopel pri 52 °C, kjer smo izvajali polimerizacijo.

Nato smo ga prenesli v zračno peč pri 130 °C, kjer smo 1 uro izvajali postpolimerizacijo. Po končani reakciji smo kalup ohladili na sobno temperaturo, ga razstavili in izvzeli polimetilmetakrilatno ploščo s vstavljeno ojačitvijo iz poliamidnih vlaken. Izdelana plošča je imela debelino 15 mm.

Iz plošče smo izrezali epruvete in izmerili žilavost po Charpyju po standardu ISO 179. Vrednost žilavosti je bila $19,8 \pm \text{kJ/m}^2$.

Primer 2

Sinteza plošče v proizvodnji

Kalupe smo pripravili na liniji za pripravo kalupov iz 2 kaljenih stekel debeline 10 mm in velikosti 2600 mm x 2100 mm, in PVC tesnila debeline 19 mm. Tesnilo smo napeljali po robu spodnjega stekla približno 30 mm od roba in nanj vstavili tridimenzionalni preplet brezbarvnih poliamidnih vlaken Geomat Italgrimp podjetja Greenvision Ambiente divizione Italdreni, tako da je preplet v bistvu pokrival celotno površino kalupa. Preplet je imel debelino $13,5 \pm 0,5$ mm in površino 2000 mm x 2500 mm. Debelina posameznih vlaken je bila $0,4 \pm 0,03$ mm in masa prepleta je bila $300 \pm 20 \text{ g/m}^2$. Delno zgotovljene kalupe smo pokrili z drugim kaljenim steklom in kalupe stisnili s fiksnimi objemkami.

Predpolimer smo pripravili v reaktorju volumna 400L, in sicer iz 360 kg zmesi monomerov metilmetakrilata (MMA) in etilakrilata (EA) ter komercialno dostopnega azo iniciatorja. Zmes smo ob konstantnem mešanju segreli na temperaturo 93°C in to temperaturo ves čas reakcije tudi vzdrževali. Po 10 minutah na temperaturi reakcije smo zmes ob konstantnem mešanju ohladili na sobno temperaturo. Predpolimeru smo izmerili viskoznost po Fordu: čaša po Fordu $\varnothing = 4$ mm, iztočni čas predpolimera pri 23 °C je bil 88 s.

Tako pripravljen predpolimer smo pretočili v mešalno posodo in mu ob konstantnem mešanju dodali komercialno dostopne azo in redoks iniciatorje ter zamreževalec 1,4-butandioldimetakrilat (1,4- BDDMA).

Dobro premešano zmes smo na dozirni liniji vlili v pripravljene, na eni strani odprte kalupe. Kalupe smo zložili v regal po več skupaj in jih za 11 ur postavili v vodni bazen pri 54 °C, kjer smo izvajali polimerizacijo.

Nato smo jih prenesli v zračno peč, kjer smo 3 ure izvajali postpolimerizacijo po temperaturnem programu. Po končani reakciji smo kalupe ohladili na sobno temperaturo, jih razstavili in izvzeli plošče s poliamidno ojačitvijo. Izdelana plošča je imela debelino 15 mm.

Plošče smo uporabili za testiranje po standardih EN 1793 in EN 1794. Plošče odgovarjajo predpisanim vrednostim iz standardov. Test na odpornost na kamenčke je pokazal, da je plošča ostala nepoškodovana celo nad 90 kJ (simulacija energije kamenčkov).

Patentni zahtevki

1. Plošča na osnovi polimetilmetakrilata z vključenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni, ki ima protihrupne lastnosti in izboljšane protifragmentacijske lastnosti, označena s tem, da so v polimetilmetakrilatno matrico vključena ojačitvena polimerna monofilamentna vlakna v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, pri čemer so vlakna v plošči usmerjena v vse smeri in razporejena navidez enakomerno v vseh smereh, tako da so navidez enakomerno porazdeljena v bistvu skozi celoten prečni prerez plošče oziroma skozi njen celoten volumen.
2. Plošča po zahtevku 1, označena s tem, da so v polimetilmetakrilatno matrico vključena polimerna monofilamentna vlakna, ki so bila predhodno oblikovana v tridimenzionalni preplet vlaken, ki ima sposobnost ohraniti obliko skozi dolgo časovno obdobje.
3. Plošča po zahtevku 1 ali 2, označena s tem, da so vključena polimerna monofilamentna vlakna polietilenska, polikarbonatna, poliamidna ali polipropilenska vlakna.
4. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 3, označena s tem, da so polimerna monofilamentna vlakna poliamidna vlakna.
5. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 4, označena s tem, da imajo vlakna premer od 0,2 do 2 mm.
6. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 5, označena s tem, da imajo vlakna premer od 0,5 do 0,8 mm.

7. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 6, označena s tem, da ima tridimenzionalni preplet vlaken maso od 50 do 1000 g/m².
8. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 7, označena s tem, da ima tridimenzionalni preplet vlaken maso od 300 do 500 g/m².
9. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 8, označena s tem, da ima debelino od 3 do 100 mm.
10. Plošča po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 9, označena s tem, da ima vključen tridimenzionalni preplet vlaken debelino $13,5 \pm 0,5$ mm in maso 380 ± 20 g/m² ter ima plošča končno debelino okoli 15 mm.
11. Postopek izdelave polimetilmetakrilatnih plošč z vgrajenimi ojačitvenimi polimernimi monofilamentnimi vlakni, označen s tem, da
 - se v delno zgotovljen kalup, ki ga na eni strani predstavlja plošča iz kaljenega stekla, na katero je nameščeno ustrezno tesnilo,
 - položijo ojačitvena polimerna monofilamentna vlakna v obliki tridimenzionalnega prepleta vlaken, ki ima sposobnost ohraniti obliko skozi dolgo časovno obdobje, pri čemer so vlakna v tem prepletu usmerjena v vse smeri in navidez enakomerno razporejena v vseh smereh, na način, da je preplet vlaken nameščen po celotni površini delno zgotovljenega kalupa,
 - nakar se na tako pripravljeno konstrukcijo položi druga plošča iz kaljenega stekla in kalup fiksira,
 - nato pa se v tako pripravljen kalup vlije predhodno pripravljen ustrezen predpolimer na osnovi metilmetakrilata,
 - čemur sledijo v stroki znane faze polimerizacije in razkaljupljenja, tako da se na koncu dobi polimetilmetakrilatna plošča s vključenimi vlakni.

12. Postopek za izdelavo plošče po zahtevku 11, označen s tem, je v kalup nameščen tridimenzionalni preplet polimernih monofilamentnih vlaken, ki ima sposobnost ohraniti obliki skozi dolgo časovno obdobje.
13. Postopek za izdelavo plošče po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 12, označen s tem, da so polimerna mnofilamentna vlakna polietilenska, polikarbonatna, poliamidna ali polipropilenska vlakna.
14. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 13, označen s tem, da so polimerna monofilamentna vlakna poliamidna vlakna.
15. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 14, označen s tem, da imajo vlakna premer od 0,2 do 2 mm.
16. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 15, označen s tem, da imajo vlakna premer od 0,5 do 0,8 mm.
17. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 16, označen s tem, da ima tridimenzionalni preplet vlaken maso od 50 do 1000 g/m².
18. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 17, označen s tem, da ima tridimenzionalni preplet vlaken maso od 300 do 500 g/m².
19. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 18, označen s tem, da ima nameščen tridimenzionalni preplet vlaken debelino $13,5 \pm 0,5$ mm in maso 380 ± 20 g/m² ter ima izdelana plošča končno debelino okoli 15 mm.
20. Uporaba plošče po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 10 kot protihrupni element ob cestah, mostovih in/ali viaduktih.

21. Uporaba plošče po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 10 v fasadnih sistemih, predelnih stenah in kot zaščitna plošča pri delovnih napravah in strojih.

Slika 1

