

(12) PATENTO APRAŠYMAS

(21) Paraiškos numeris: 2022 551
(22) Paraiškos padavimo data: 2022-12-09
(41) Paraiškos paskelbimo data: 2024-06-10
(45) Patento paskelbimo data: 2024-09-25

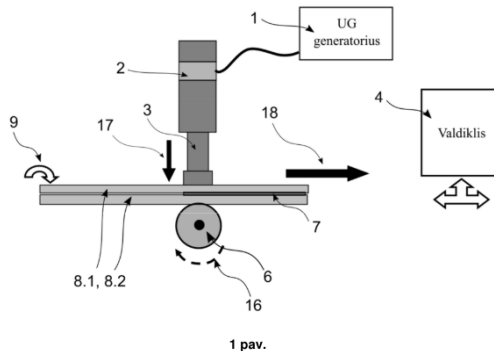
(73) Patento savininkas:
UAB BAGFACTORY,
Šiaurės g. 37, 11171 Vilnius, LT
(72) Išradėjas:
Marius RUMBINAS, LT
Danguolė DRAGŪNIENĖ, LT
Gvidas KROLIS, LT
Renaldas RAIŠUTIS, LT
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Otilija KLIMAITIENĖ, 35, AAA Law, A. Goštauto g.
40B, Verslo centras „Dvyniai“, LT-03163 Vilnius, LT

LT 7093 B

(54) Pavadinimas:
Neaustinių PET/RPET medžiagų ir produktų ultragarsinio suvirinimo būdas ir sistema

(57) Referatas:

Išradimas atskleidžia ultragarsinio (UG) suvirinimo būdą ir sistemą gaminti iš neaustinių PET ir RPET medžiagų gaminius automatinio būdu, suvirinant neaustines PET ir RPET medžiagas ultragarso poveikiu. Išradimas aprašo neaustinių PET/RPET medžiagų suvirinimo UG poveikiu procesą bei šio proceso specifinių parametrų valdymą. Taip pat aprašoma automatizuota gamybos sistema, apimanti neaustinės perdirbto atliekinio termoplastinės, konkrečiau, PET/RPET neaustinės medžiagos, medžiagos suvirinimo UG poveikiu priemones, bei papildomas technines priemones automatizuotai atlikti neaustinės medžiagos produktų gamybos etapus. Taip pat, aprašyti neaustinės PET/RPET medžiagos gaminiai, pagaminti šiuo UG poveikiu suvirinimo būdu ir automatizuotos gamybos suvirinant medžiagos ruošinius UG poveikiu sistemoje, bei pateikti jų testavimo rezultatai.



IŠRADIMO SRITIS

Išradimas priklauso pramonės energetikos ir gamybinės įrangos sričiai. Konkrečiau, išradimas atskleidžia ultragarsinio (UG) suvirinimo būdą ir sistemą gaminti automatinio būdu iš neaustinių PET/RPET medžiagų įvairius produktus, pavyzdžiui, prekių maišelius. Išradimas apima UG poveikio procesą, jo parametrų valdymą, bei proceso adaptavimą gaminti automatizuotu būdu produktus iš neaustinių PET/RPET medžiagų.

TECHNIKOS LYGIS

2018 m. sausio 16 dienos Europos komisijos komunikate Europos parlamentui, tarybai, Europos Ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui pristatyta Europos plastikų žiedinėje ekonomikoje strategija (*A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*, (2018-01-16 COM(2018) 28 final). Dokumente pabrėžta, jog plastikiniai gaminiai yra gaminami, naudojami ir šalinami nesilaikant žiedinės ekonomikos principų, bei dėl didėjančios taršos kelia grėsmę gamtai. Numatyta, jog nauji nuostatai padės 3,4 milijonais tonų sumažinti CO₂ emisijas, ir aplinkos užterštumą, kurio šalinimas iki 2030 m. kainuotų apie 22 milijardų eurų bei padėtų vartotojams sutaupyti prognozuojamas 6,5 milijardo eurų išlaidas. Plastikinių maišelių naudojimas taip pat ribojamas ir ES direktyvos 94/62/EB nuostatomis (EP ir Tarybos direktyva 2015/720 2015 m. balandžio 29 d., kuria dėl lengvųjų plastikinių pirkinių maišelių sunaudojimo mažinimo iš dalies keičiama Direktyva 94/62/EB,

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/TXT/?uri=CELEX%3A31994L0062>).

Pagal šią direktyvą ES šalys raginamos siekti, kad 2019 m. sunaudotų lengvųjų plastiko maišelių, kurių sienelės storis 15–50 mikronų, kiekis vienam asmeniui neviršytų 90, o po dešimties metų – 40. Minėtuose EK dokumentuose taip pat nustatytos ir plastikinių maišelių gamybos bei vartojimo gairės: valstybės-narės įpareigosios nuo 2019 m. pašalinti iš vartojimo lengvasvorius maišelius (sienelės storis 8–15 mikronų) bei ieškoti technologinių sprendimų, įgalinančių pirkinių maišelius gaminti iš perdirbto plastiko.

Viena iš vartojimo alternatyvų vienkartinio naudojimo plastikinių pirkinių maišeliams, kurių sienelės storis 15–50 mikronų, yra daugkartinio naudojimo

polipropileno (PP) ir polietileno teraftalato (*polyethylene terephthalate* – PET) neaustinės medžiagos maišeliai. Tokie maišeliai patrauklūs vartotojams, jų poreikis nuolat auga, be to, ant jų galima paprastai uždėti reklamą naudojant įprastus spaudos metodus, todėl jie gali būti naudojami ir reklamos tikslais. Dauguma tokių maišelių yra pagaminti iš septynių dalių (medžiagos ruošinių): vienos vientisos medžiagos dalies, sudarančios šonus ir dugną, dviejų didesnio diametro šonų, dviejų rankenų bei dviejų juostelių, kurios dedamos ant susiūtų kraštų. Maišelių medžiagos ruošiniai dažniausiai susiuvami siūlais.

Alternatyvus sujungimo būdas yra terminis suvirinimas, naudojant ultragarso (UG) poveikį, kuris audinį pakaitina ir jo sluoksniai sulydomi tarpusavyje. UG poveikio būdas leidžia padidinti produktų gamybos spartą, sumažinti papildomų medžiagų poreikį bei ženkliai sumažina jų savikainą. UG suvirinimo metodas yra realizuotas neaustinės PP medžiagos produktų automatinei gamybos linijai. Tačiau technologinių ir automatizuotų sprendimų gaminti šiuos produktus iš PET ir (arba) perdirbtos RPET medžiagos nesama.

PET/RPET neaustinės medžiagos maišeliai nėra naujiena. Tačiau jų kaina (savikaina) vis dar aukšta, palyginus su šiandien rinkoje esančiais plastikiniais bei PP neaustinės medžiagos pirkinių maišeliais. Kaip minėta, nesama ir technologinių sprendimų automatinei gamybos linijai. Rinkoje esančių PET/RET produktų gamyba itin neefektyvi, šie produktai siuvami rankiniu būdu žemo darbo užmokesčio lygio šalyse. Automatizuotas siuvimo procesas yra sudėtingas, todėl pasiekti jo reikiamą greitaveiką problematiška. Net ir robotizuoto-automatizuoto siuvimo procese užtrunka nemažai laiko, kol siuvimo galvutės mazgas nuosekliai susiuvia kiekvieną siūlę. Taip pat, siuvimo metu lūžta adatos, nutrūksta siūlai – juos pakeisti reikalinga gamybos proceso prastova, bei gaišamas ir aptarnaujančio personalo laikas.

Terminis UG neaustinės PET/RPET medžiagos sujungimas šiuo metu yra vis dar eksperimentinėje stadijoje, o patikimas gamybinis procesas suformuoti tokios neaustinės PET/RPET medžiagos sujungimą dar nežinomas. Uždavinys sudėtingesnis ir todėl, kad įvairiais būdais bei iš įvairių šaltinių gautos RPET medžiagos sudėtis nebūna vienoda ir iš anksto tiksliai žinoma.

Keletas patentinių dokumentų atskleidžia plastikinių medžiagų sujungimo būdus bei priemones, naudojant didelės galios ultragarso (UG) poveikį. Kinijos patentiniuose dokumentuose CN216462423(U) (2022), CN112828440 (2021),

CN216683392(U) (2022) aprašyta UG suvirinimą atliekančio mazgo vertikalios aukščio paderinimo galimybė iki virinamo objekto paviršiaus, aprašytas aukščio pokytį valdantis mechanizmas, vertikalios stovo segmentas jungiantis UG suvirinimo mazgą ir jo aukščio pokytį valdantį mechanizmą su horizontaliu stovo segmentu, taip pat, horizontalus pagrindas padėti suvirinamus plastikinius ruošinius. Suspaudus suglaustus medžiagos lakštus ir veikiant juos ultragarsu, įvyksta medžiagos tarpmolekulinė trintis bei suspaustų lakštų paviršių trintis, ir pakyla temperatūra iki pilno medžiagos sluoksnių susilydimo. Tačiau, minėtuose patentiniuose dokumentuose atskleisti technologiniai sprendimai yra tinkami tik pavienių gaminių suvirinimui bei neautomatinei gamybai, padedant ir nuimant ultragarsu suvirinamus ant horizontalaus pagrindo gaminius rankiniu būdu.

Apžvelgti plastikinių medžiagų suvirinimo UG poveikiu sprendimai pasižymi šiais trūkumais:

- nepritaikyti neaustinės medžiagos produktų automatinėje gamyboje, bei skirtinguose jos etapuose;
- netinka / nepritaikyti gamybinėje linijoje automatinio būdu suvirinti neaustinės medžiagos daugiau nei du sluoksnius;
- neatlieka RPET neaustinių medžiagų UG suvirinimo, bei to atlikimo gamybinėje linijoje automatinio būdu.

IŠRADIMO ESME

Problema. Technikos lygio dokumentuose atskleisti UG poveikio taikymo plastikinių (polimerinių) medžiagų sujungimo (UG suvirinimo) principai. Suspaudus medžiagos ruošinių lakštus ir veikiant juos ultragarsu, vyksta medžiagų tarpmolekulinė trintis bei lakštų paviršių trintis, ir pakyla temperatūra iki jų pilno susilydimo. Šio efekto praktinis taikymas yra ribotas automatinės gamybos procesuose, kur svarbu pasiekti greitaveiką.

Šio išradimo techninė problema yra neaustinių PET/RPET medžiagų ruošinių efektyvus jungimas produkto automatinės gamybos procese. Jungiamų neaustinės PET/RPET medžiagos sluoksnių reikalingi du arba daugiau. Konkrečiai, maišelio gamyboje reikalinga suvirinti ir keturis sluoksnius.

Sprendimas. Atskleidžiamas techninis sprendimas vykdyti neaustinės PET/RPET medžiagos produktų gamybos procesą, kur automatizuotai ir pakankamai sparčiai UG poveikiu būtų suvirinamos PET/RPET neaustinės medžiagos ruošinių jungimo siūlės, gaminant konkretaus produkto, pavyzdžiui, neaustinės medžiagos maišelio, egzempliorių seriją. Šio produkto (maišelio) gamyba apima septynis atskirus PET/RPET medžiagos ruošinius ir jų sujungimo šias operacijas (žingsnius):

- neaustinės medžiagos ruošinio krašto užlenkimas;
- ruošinio kraštų suformavimas;
- maišelio rankenų suformavimas;
- maišelio rankenų privirinimas;
- maišelio dugno suformavimas.

Kiekvienas iš šių žingsnių yra skirtingas ir specifinis, kuriame reikalingi specializuoti UG suvirinimo proceso parametrai.

Išradime atskleistos gamybos įrenginio (prototipo) konfigūracijos UG poveikiu sujungti neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinius, kur šie ruošiniai ir jų sujungimo operacijos turi skirtingas savybes:

- Iš ruošinių gaminamo maišelio kraštų užlenkimui ir suvirinimui, taikant erdvėje sutelktą UG poveikį, kai ruošinys nepertraukiamai juda gamybinės linijos transporteriu. Šiuo atveju, pagrindas yra besisukantis ratukas, kurio paviršiuje yra iškilūs kontaktiniai UG poveikio segmentai formuoti siūlės dygsnius. Tuo pat metu, ratukas liečiasi prie suvirinamos medžiagos ruošinio ir ultragarsiniu dažniu virpančio UG koncentratoriaus-specializuotos formos galo dviem kontaktiniais UG poveikio segmentais, vieno segmento matmenys gali būti 2x1 mm, o vidutinis atstumas tarp segmentų daugiau nei 1mm. UG koncentratorius-specializuota forma žadinama atitinkamo dažnio ir galingumo UG virpesių generatoriumi. Valdyti UG suvirinimo procesą naudojamas programuojamas sistemos valdiklis.
- Maišelio rankenų privirinimas, taikant erdvėje sutelktą 20 kHz dažnio UG poveikį. Transportavimo linijoje slenka gaminio (maišelio) medžiagos ruošinys, naudojant elektro–pneumatinį dinaminį prispaudimo valdymą. UG koncentratorius-specializuota forma, pritaikyta rankenos tvirtinimo siūlei

formuoti, tinkamu momentu nuleidžiama ir prispaudžiama ant suglaustų medžiagos ruošinių, atliekamas siūlės suvirinimas, po to forma vėl pakeliama, iki bus perstumtas sekančio maišelio ruošinys. UG koncentratoriaus-specializuotos formos darbiname paviršiuje yra iškilūs kontaktiniai poveikio segmentai, prispaudimo metu formuojantys sulydymo siūlės dygsnius. Pavyzdžiui, šie segmentai išdėstyti UG koncentratoriaus-specializuotos formos darbiname paviršiuje – „kvadrato kraštinėse ir įstrižainėse“. UG koncentratorius-specializuota forma žadinama atitinkamo dažnio ir galingumo UG virpesių generatoriumi. Valdyti UG suvirinimo procesą naudojamas programuojamas sistemos valdiklis.

- Iš neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinių gaminamo gaminio (maišelio) dugno siūlės ir kraštų siūlės UG suvirinimas, pasiekiant gamybinėms sąlygoms būtiną greitaveiką:
 - reikalinga naudoti horizontalų pagrindą su integruota medžiagos ruošinio pradinio pakaitinimo (iki +300 °C) funkcija;
 - suvirinti ruošinius naudojamas erdvėje paskirstytas 15 kHz dažnio UG poveikis;
 - gaminio (maišelio) medžiagos ruošinys slenkamas linijoje ir, naudojant elektropneumatinį dinaminį prispaudimo valdymą, atitinkamu momentu nuleidžiamas ir prispaudžiamas UG koncentratorius-specializuota forma siūlei formuoti ant jungiamų suglaustų ruošinių, tada atliekamas UG suvirinimas, po to UG koncentratorius-specializuota forma pakeliama, iki kol perstumiamas gaminio sekančio egzemplioriaus ruošinys;
 - esant aktyviam suvirinimo procesui, UG poveikio UG koncentratorius-specializuota forma gali liesti gaminio medžiagą tuo pat metu su 150–300 kontaktinių UG poveikio segmentų, kur vieno segmento matmenys gali būti 4x0,5 mm, o vidutinis atstumas tarp segmentų – daugiau nei 1 mm;
 - UG koncentratorius-specializuota forma žadinama atitinkamo dažnio ir galingumo UG virpesių generatoriumi;
 - valdyti UG suvirinimo procesą naudojamas programuojamas sistemos valdiklis.

Sistemos valdymo įranga užtikrina darbo parametrų automatinį adaptavimą ir UG poveikio įrangos optimalaus darbo režimo palaikymą, keičiantis darbo sąlygoms.

Sistemą sudaro elektronikos-automatikos komponentai, įvairių dažnių ir galingumo pramoniniai UG virpesių generatoriai, kaitintuvų pagrindai su kaitinimo elementais neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinių pirminiam pakaitinimui atlikti, pjezoelementų ir UG koncentratorių-specializuotų formų atitinkamoms siūlėms formuoti rinkiniai, valdikliai, skirti valdyti UG generatorius ir procesus produkto gamybos linijoje.

Efektai. Tinkamos funkcinės konfigūracijos įrenginys (prototipas), skirtas UG poveikiu sujungti neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinius, pasižymi:

- Sujungimo siūlės gera kokybė ir vartotojui patrauklia siūlės išvaizda; pagal apkrovos matavimo rezultatus, šiuo būdu ir įrenginiu pagaminto maišelio dvi rankenos gali atlaikyti iki 60 kg bendrą į maišelį įdėtą svorį;
- Jei gamybos linija sustoja, medžiagos ruošiniai nesugadinami, dėl aukštos temperatūros nuolatinio poveikio, kaip nutiktų vien terminio sujungimo procese;
- Į aplinką nėra išskiriami pavojingi garai, palyginus su vien terminio sujungimo procesu;
- Siūlės suvirinimo UG poveikiu trukmė trumpesnė, nei vien terminio sujungimo procese;
- Naudojant sistemos automatizacijos valdiklį, suteikiamos galimybės:
 - kontroliuoti ir atkartoti UG suvirinimo procesą,
 - įjungti UG poveikio generatorių ir su juo sužadinti UG koncentratorių–specializuotą formą (konkrečiai siūlei formuoti), tik tam tikru siūlės formavimo metu su sistemos valdiklyje nustatyta tam tikra trukme,
 - stebėti suvirinimo parametrus ir juos koreguoti, esant poreikiui;
- PET/RPET suvirinimo UG poveikiu technologija leidžia suvirinti daugiau nei 2 neaustinės PET/RPET medžiagos suglaustus lakštus automatiškai būdu. Pavyzdžiui, gaminant konkretų produktą – maišelį, suvirinami 4 medžiagos lakštai (dvigubo storio užlenktas kraštas ir dvigubo storio rankena);
- Įprastinis plastikų (termoplastikų) terminio suvirinimo procesas yra paremtas

aukštos temperatūros nuolatinio poveikiu ir kaitintuvais: temperatūra palaikoma didelio galingumo pastovaus kaitinimo elementais, nuolat vartojančiais elektros energiją. Energijos sąnaudos vien terminiu poveikiu, kai suvirinama 100 siūlių per minutę, yra 2000 W/val. Dirbant dviem pamainomis (16 valandų per parą), energijos sąnaudos yra 32000 W/parą. Tuo tarpu, suvirinti plastikines medžiagas UG poveikiu, energija naudojama tik UG suvirinimo laiko intervale, vykstant medžiagos tarpmolekulinei ir sluoksnių paviršių trinčiai, iki medžiagos sluoksnių pilno susilydimo. Taikant UG poveikį, vienos siūlės suvirinimas trunka apie 0,2 sekundės. Jei per minutę jungiama 100 siūlių, tai 1 minutės procese UG poveikis sudaro 20 sekundžių. Atitinkamai, naudojant 2000W UG poveikio generatorių, sutaupoma apie 30 % elektros energijos, palyginus su tos pat galios nuolatinio terminio poveikio procesu;

- Išradimo technologija taupo energiją ir tausoja aplinką, nes pagaminami aukštos kokybės gaminiai su mažiau broko ir gamybos atliekų dėl kokybiškesnio UG sujungimo, o jų gamyboje suvartojama mažiau elektros energijos;
- UG suvirinimo metu, dėl aukštadažnio UG poveikio, nuo medžiagos paviršių pašalinami technologiniai nešvarumai (tepalas, atliekų dalelės, dulkės), kurie vien terminio suvirinimo atveju turėtų neigiamą įtaką sujungimo kokybei;
- Išradimo techninis sprendimas leidžia neaustinės RPET medžiagos gaminių pagaminti iš 100 % perdirbtų PET butelių. RPET gaminiai turi visas tekstiliniams maišeliams būdingas savybes: daug kartų panaudojami, visiškai perdirbami, tinka liestis su maistu, gamyboje naudojami vandens pagrindo dažai, juos galima skalbti skalbimo mašinoje žemoje temperatūroje. Produktas atitinka 360 laipsnių atsinaujinimo ciklą ir žiedinės ekonomikos principus.

BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Išradimo esminiai aspektai paaiškinti brėžiniuose ir diagramose, kurie yra išradimo aprašymo sudedamoji dalis ir pateikiami kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą ar vizualų paaiškinimą. Brėžiniai yra schematiniai ir principiniai, juose pavaizduotų objektų dydžiai, proporcijos ir konkretūs realizacijos variantai gali skirtis išradimo apimtyje.

1 pav. neaustinės PET/RPET medžiagos gaminio (maišelio) kraštų (9)

užlenkimas ir suvirinimas, erdvėje sutelkto ultragarso (20 kHz) poveikiu, kai gaminio ruošinys (8.1, 8.2) juda nepertraukiamai gamybinės linijos transporteriu: šiuo atveju, pagrindas yra besisukantis ratukas (6), kurio paviršiuje yra iškilūs kontaktiniai poveikio segmentai, skirti formuoti siūlės (7) dygsnius. Tuo pačiu metu, ratukas (6) liečiasi prie virinamos neaustinės medžiagos ruošinio (8.1, 8.2) ir UG koncentratoriaus-specializuotos formos (3) galo 2 kontaktiniais poveikio segmentais (vieno segmento matmenys galėtų būti 2x1 mm) tarp kurių vidutinis atstumas daugiau nei 1 mm. UG koncentratorius-specializuota forma (3) žadinama UG virpesių generatoriumi (1), koncentratorius-specializuotą formą (3) prispaudus prie ruošinio reikiamu prispaudimu (17). Suvirinimo procesui valdyti naudojamas programuojamas sistemos valdiklis (4); ratukas (6) sukasi tokia sukimosi kryptimi (16), kad ruošinys (8.1, 8.2) judėtų reikalinga ruošinio transportavimo kryptimi (18).

2 pav. neaustinės PET/RPET medžiagos gaminio (maišelio) rankenų (8.1) UG privirinimas erdvėje sutelkto ultragarso (20 kHz) poveikiu, kai medžiagos ruošinys (8.2) nepertraukiamai juda gamybos linijos transporteriu: panaudojant elektro-pneumatinį dinaminį prispaudimą (17), UG koncentratorius-specializuota forma (3) atitinkamos konfigūracijos siūlei (7) formuoti tinkamu momentu nuleidžiamas ir prispaudžiamas (17) ant tarpusavyje jungiamų medžiagos ruošinių (8.1, 8.2), atliekamas siūlės (7) suvirinimas UG poveikiu; po to, UG koncentratorius-specializuota forma (3) pakeliama (11), iki kol bus perstumtas gaminio sekančio maišelio egzemplioriaus ruošinys ir rankena (8.1, 8.2). UG koncentratoriaus-specializuotos formos (3) darbiname paviršiuje yra iškilūs kontaktiniai poveikio segmentai, skirti formuoti siūlės (7) dygsnius. Šiuo konkrečiu (rankenos 8.1 privirinimo) atveju, UG koncentratoriaus-specializuotos formos (3) poveikio segmentai darbiname paviršiuje gali būti išdėstyti kaip „kvadratas su kraštinėmis ir įstrižainėmis“. UG koncentratorius-specializuota forma (3) žadinama UG virpesių generatoriumi (1). Suvirinimo procesą valdyti naudojamas programuojamas sistemos valdiklis (4); ruošinys (8.1, 8.2) slenkamas reikalinga ruošinio transportavimo kryptimi (18).

3 pav. neaustinės PET/RPET medžiagos gaminio (maišelio) dugno siūlės (7) suvirinimas erdvėje paskirstyto ultragarso (šiuo atveju, 15 kHz) poveikiu, kai medžiagos ruošinys (8.1, 8.2) juda nepertraukiamai gamybinės linijos transporteriu; šiuo atveju, atliekamas neaustinės medžiagos gaminio (maišelio) dugno siūlės (7) ir kraštų siūlės UG suvirinimas, kur pasiekti reikiamą gamybos greitaveiką yra

naudojamas pagrindas (10) su medžiagos ruošinio pradinio pakaitinimo (nuo +190 °C iki +300 °C) funkcija. Slenkant linijoje neaustinės medžiagos gaminio (maišelio) ruošiniui (8.1, 8.2), panaudojus elektro-pneumatinį dinaminį prispaudimą (17), UG koncentratorius-specializuota forma (3) atitinkamos konfigūracijos siūlei (7) formuoti tinkamu momentu prispaudžiamas ant suglaustų medžiagos ruošinio sluoksnių (8.1, 8.2). Tada atliekamas UG suvirinimas, po to, UG koncentratoriaus-specializuota-siūlės-forma (3) pakeliama (11), iki bus perstumtas gaminio sekančio egzemplioriaus ruošinys (8.1, 8.2). Aktyvioje UG suvirinimo proceso fazėje, UG koncentratorius-specializuota forma (3) atitinkamos konfigūracijos siūlei (7) formuoti su pakaitintu medžiagos ruošiniu (8.1, 8.2) gali liestis 150–300 kontaktiniais UG poveikio segmentais, kurių vieno matmenys galėtų būti 4 x 0,5 mm, o vidutinis atstumas tarp segmentų yra daugiau nei 1 mm. Suvirinimo procesą valdyti naudojamas programuojamas sistemos valdiklis (4); ruošinys (8.1, 8.2) slenkamas reikalinga ruošinio transportavimo kryptimi (18).

4 pav. neaustinės PET/RPET medžiagos gaminio atskirų ruošinių (8.1, 8.2) prispaudimas (17) ir UG suvirinimas erdvėje sutelkto UG poveikiu, kai medžiagos ruošinys nepertraukiamai juda numatyta kryptimi (18) gamybinės linijos transporteriu, kur ruošinys (8.1, 8.2) prieš UG suvirinimą papildomai pakaitinamas nekontaktiniu būdu – karšto oro srautu (12) arba (ir) infraraudonaisiais spinduliais (13): 1 – UG generatorius; 2 – pjezokeramikos žiedų paketas; 3 – UG koncentratoriaus forma; 6 – besisukantis ratukas – pagrindas; 7 - formuojama siūlė; 8.1, 8.2 – ruošinio medžiagos sluoksniai; 12 – pakaitinimas karšto oro srautu iki 200 °C; 13 – pakaitinimas infraraudonaisiais spinduliais iki 200 °C.

5 pav. Neaustinės RPET medžiagos lakštų sujungimo pavyzdžiai tempimo bandymams: a) dviejų sluoksnių, b) keturių sluoksnių c) Neaustinės medžiagos lakštų sujungimo pavyzdžiai, kur prie dviejų sluoksnių perlenkto RPET lakšto krašto privirinta dviejų PET sluoksnių produkto-maišiuo rankena. Matmenys milimetrais (mm).

6 pav. a) 20 kHz UG koncentratoriaus-specializuotos formos konstrukcija: užveržimo veržlė (3.1), galinė plieno masė (3.2), pjezokeraminiai 4 žiedai (2), priekinė aliuminio masė (3.3), rezonansinis stiprintuvas (3.4), specializuota darbinės dalies forma (3.5); b) 15 kHz UG koncentratoriaus-specializuotos formos konstrukcija su įrankiu ilgam kraštui/šonui suvirinti: užveržimo veržlė (3.1), galinė aliuminio masė (3.2), pjezokeramika (4 žiedai) (2), priekinė aliuminio masė (3.3), rezonansinis stiprintuvas

(plienas) (3.4), specializuota darbinės dalies (plienas) forma su darbinio paviršiumi (3.5).

7 pav. UG poveikiu suvirintų PET/RPET siūlių testavimo rezultatai – tempimo jėgos ir bandinių pailgėjimo priklausomybė, kai suformuota: a) persiklojančių viengubų RPET lakštų (medžiagos sluoksnių) siūlė; b) dviejų persiklojančių dvigubų lakštų (medžiagos sluoksnių) siūlė; c) siūlė sujungianti maišelio PET rankeną ir RPET kraštą (viso tarpusavyje sujungiami 4 lakštai); d) siūlė jungianti produkto-maišiuo PET rankeną ir RPET kraštą (viso tarpusavyje sujungiami 4 lakštai (medžiagos sluoksniai)); e) PET bandinių siūlė, iš persiklojančių PET medžiagos lakštų (sluoksnių).

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

RPET medžiaga ir savybės. RPET (angl. *recycled polyethylene terephthalate*) neaustinė medžiaga – tai iš perdirbto polietileno tereftalato (PET, $(C_{10}H_8O_4)_n$) pluošto pagamintas audinys, kuris gali būti pagamintas susukant (angl. *spunbond*) arba dygsniuojant (angl. *stitchbond*). Perdirbtas PET $(C_{10}H_8O_4)_n$ pluoštas yra gaminamas iš perdirbto PET granulių, gautų perdirbus panaudotus bet kokios paskirties priminio PET gaminius (plastikinius butelius, maisto indelius ir pan.). RPET pluošto gamybai sunaudojama 94 % mažiau vandens nei tradicinio PET pluošto gamybai, gamybos procese sunaudojama iki 60 % mažiau energijos ir 32 % sumažėja išmetamo į aplinką CO_2 kiekis.

UG suvirinimo proceso parametrai. Siekiant gamyboje efektyviai sujungti PET/RPET neaustinių medžiagų ruošinius arba sluoksnius, naudojamas suvirinimo (sulydymo) UG poveikiu procesas. Suvirinimas UG poveikiu gali būti atliekamas tiek tarp to paties neaustinės medžiagos ruošinio (iškarpos) daugiau nei vieno sluoksnių. Pavyzdžiui, pirkinį maišelio rankena gaminama iš vieno medžiagos ruošinio, perlenkto į du, arba tris arba daugiau suglaustų sluoksnių. Kitu atveju, gali būti suglaudžiami gaminio (maišelio) du atskiri ruošiniai (iškarpos), kaip du medžiagos sluoksniai, kurie suvirinami tarpusavyje UG poveikio siūle. Pavyzdžiui, konkretus produktas – pirkinį maišelis – gali būti gaminamas iš kelių atskirų neaustinės medžiagos ruošinių, juos tarpusavyje sujungiant siūlėmis UG poveikiu. Pagal šį išaiškinimą, toliau tekste neaustinės medžiagos ruošinio ir sluoksnio sąvokos gali būti tiek kaip sutampančios, tiek ir kaip skirtingos.

Suvirinimo UG poveikiu procese yra svarbu nustatyti ir (arba) adaptuoti šiuos parametrus:

1) medžiagos ruošinių pagrindo temperatūrą, kuri pakeliama iki temperatūros intervale nuo 200 iki 300 °C;

2) UG poveikio dažnį intervale nuo 10 iki 30 kHz, tinkamesniame intervale nuo 13 kHz iki 22 kHz, kur galimi šie du skirtingi UG poveikio režimai:

- erdvėje sutelktas UG poveikis, kurio optimalus dažnis yra 20 kHz su efektyviu tolerancijos intervalu ± 2 kHz (tai yra, nuo 18 iki 22 kHz). Taikytinas suvirinti atskirus siūlės dygsnius, arba nedideles dygsnių grupes koncentruotame UG suvirinimo plote ar erdvėje;
- erdvėje paskirstytas UG poveikis, kurio optimalus dažnis yra 15 kHz su efektyviu tolerancijos intervalu ± 2 kHz (tai yra, nuo 13 iki 17 kHz). Taikytinas suvirinti ilgas siūles, apimančias keliasdešimt-kelias šimtus dygsnių, kur UG poveikio įrankis suvirina visą siūlę vienu metu;

3) UG poveikio galią, kur UG poveikio generatoriaus reguliuojamos elektrinės galios diapazonas yra nuo 1500 W iki 4200 W;

4) UG poveikio koncentratoriaus-specializuotos formos, skirtos atitinkamos konfigūracijos siūlei formuoti, prispaudimo jėgą. Tarp pirminio pakaitinamo pagrindo (padėklo) ir koncentratoriaus-specializuotos formos suspaudžiami tarpusavyje sujungiamų medžiagos ruošinių atskiri sluoksniai, kur prispaudimo jėgos vertės RPET medžiagai yra intervale 3–5 atmosferų, tai yra, 0,3–0,5 MPa (0,3–0,5 N/mm²);

5) UG poveikio trukmę, kurios reikšmių diapazonas vienai sujungimo siūlei suvirinti yra nuo 0,1 iki 1 sekundės;

6) Taip pat, svarbu tiksliai priderinti UG koncentratorių-specializuotą formą ir pagrindo plokštumą, kad formos darbiniai paviršiai būtų lygiagretūs jungiamiems neaustinės PET/RPET medžiagos ruošiniams bei pagrindui.

Šios technologinės sąlygos ir parametrų efektyvios reikšmės (efektyvūs intervalai) pateikiami 1 lentelėje.

Lentelė 1: Technologinės sąlygos ir parametrai formuoti neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinių sujungimus UG poveikio būdu.

Savybės, sąlygos, parametrai	Aprašymas
Technologinis sujungimo procesas	Atlikus tyrimus, nustatyta, kad egzistuoja galimybė sujungti PET/RPET medžiagas UG poveikiu.
Sudėtis neaustinės medžiagos ruošinyje	PET/RPET neaustinių medžiagų ruošinių susilydymui svarbu, kad ruošinio sudėtyje būtų ne mažiau kaip 50-65 % termoplastiko. Tai nustatyta atlikus eksperimentinę analizę bei technikos lygio dokumentų [1]-[6] analizę.
Proceso realizacijos būdas	Automatinis medžiagos ruošinių sujungimo UG poveikiu procesas yra paremtas terminiu efektu. UG poveikio metu sugeneruoti UG virpesiai sukelia medžiagos ruošinio tarpmolekulinę trintį. Todėl termoplastinė medžiaga greitai įšyla (teorinis viskoelastinis šilimo greitis iki 1000 °C/s), ir UG poveikio srityje įvyksta medžiagos sluoksnių lydymasis.
Terminio sujungimo proceso fazės	Medžiagos ruošinių sujungimo procese apibrėžiamos pagrindinės keturios fazės, tinkančios tiek polipropilenui (PP) ir tiek neaustinėms PET/RPET medžiagoms: • Lydymosi pradžia, • Susilydžiusių medžiagos sluoksnių pradinis susilietimas, • Susilydžiusių medžiagos sluoksnių skystoje būsenoje tarpusavio maišymasis (siūlės susiformavimas), • Suformuotos siūlės atvėsinimas, esant pridėtam slėgiui.
	UG koncentratoriaus-specializuotos formos prispaudymo trukmė: - 0,1 s, esant erdvėje sutelktam UG poveikiui, - iki 0,4 s kai UG poveikis erdvėje dalinai paskirstytas (PET/RPET medžiagoms); • Ruošinių pagrindo temperatūra: neaustinės medžiagos ruošinio pakaitinimui atlikti su pagrindu arba išorinis temperatūros poveikis ruošiniui (nuo 200 iki 300 °C yra

Terminio sujungimo proceso parametrai	tinkama PET ir RPET medžiagoms); • UG koncentratoriaus-specializuotos formos prispaudimo jėga (slėgis nuo 0,3 iki 0,5 MPa PET/RPET medžiagoms); • UG generatoriaus galia, nuo kurio priklauso UG koncentratoriaus siūlės-formos erdvinių UG virpesių amplitudė PET/RPET medžiagų sujungimo siūlei formuoti: - taikant erdvėje sutelktą 20 kHz UG poveikį, akustinis galingumas reikalingas ne mažiau 2000 W; - taikant erdvėje dalinai paskirstytą 15 kHz UG poveikį, jo akustinis galingumas reikalingas ne mažiau 4000 W. • UG generatoriaus dažnių intervalas: generuojant UG virpesius, kai prijungtas UG koncentratorius su specializuota siūlės forma: - taikant erdvėje paskirstytą UG poveikį – 15 kHz $\pm$2 kHz; - taikant erdvėje sutelktą UG poveikį – 20 kHz $\pm$2 kHz.
Naujos savybės (atžvilgiu žinomų UG suvirinimo sprendimų, pavyzdžiui, PP)	• Galimybė keisti kaitinamo pagrindo temperatūrą; tai svarbu atliekant pradinį neaustinės medžiagos ruošinio pakaitinimą. Ši savybė leidžia efektyviai adaptuoti gamybos procesą, perėjus nuo PP prie PET/RPET medžiagų; • Stabilus UG poveikio intensyvumas; • Reguliuojamo galingumo UG generatorius (elektrinio galingumo pokyčio intervalo ribos yra nuo 2000 W iki 4000 W); • Optimali UG koncentratoriaus-specializuotos formos prispaudimo jėga (slėgis) prie jungiamų paviršių; • Automatinis generatoriaus dažnio paderinimas ribose ($\pm$10 % arba $\pm$1,5 kHz), tikslu išlaikyti UG poveikio sistemos darbą rezonanse. Generatoriaus rezonansinis

	dažnis priklauso nuo to, ar UG poveikis taikomas erdvėje sutelktas (20 kHz dažniu) ar dalinai paskirstytas (15 kHz dažniu).
UG sujungimo gamybinio proceso valdymas	Technologinis frikcinio-terminio (ultragarsinio) sujungimo gamybinis procesas valdomas šiais komponentais: • Ultragarsinis generatorius, maksimalus elektrinis galingumas nuo 2000 W iki 4000 W, dažnis 20 kHz (esant erdvėje sutelktam UG poveikiui) arba 15 kHz (esant erdvėje dalinai paskirstytam UG poveikiui); • Pjezomedžiagos žiedų paketai, mechaninių virpesių stiprinimo rezonatorius ir UG virpesių koncentratorius—specializuota forma sujungimo siūlei formuoti (suderinamumas su generatoriumi, kurio elektrinis galingumas nuo 2000 W iki 4000 W, dažnis 20 kHz (esant erdvėje sutelktam UG poveikiui) arba 15 kHz (esant erdvėje dalinai paskirstytam UG poveikiui). UG koncentratoriaus-specializuotos sujungimo siūlės formavimo formos - erdviųjų ašinių poslinkių ribos: - nuo 30 iki 100 mikrometrų amorfinės struktūros ruošiniams; - nuo 60 iki 125 mikrometrų kristalinės struktūros ruošiniams. • Mechaninio prispaudimo sistema, su kuria tarp kaitinimo padėklo ir UG koncentratoriaus-specializuotos-siūlės-formos suspaudžiami neaustinės medžiagos ruošinių atskiri sluoksniai. Prispaudimo jėgos vertės esamai PP / naujai RPET medžiagai yra 0,3–0,5 MPa (0,3–0,5 N/mm²); • Medžiagos jungiamųjų sluoksnių pirminį pakaitinimą atlieka pakaitinimo pagrindas arba padėklas, galimybė pakelti pagrindo temperatūrą iki +300 °C;

	- Valdymo sistema, užtikrinanti: - gamybos linijos automatinį procesą, - atskirų operacijų valdymą pereinant prie PET/RPET medžiagų, ir - reguliuojamą gaminio (neaustinės medžiagos maišelio) gamybos greitį.
Neaustinės medžiagos ruošinių UG sujungimo proceso etapų trukmės	- Bendra trukmė ≤ 1 s; - UG poveikio trukmė ruošinio medžiagai išlydyti - 0,1 s (erdvėje sutelktam UG poveikiui), 0,4 s (erdvėje paskirstytam UG poveikiui), kai jungiami PET/RPET medžiagos sluoksniai; - suvirinto ruošinio prispaudimo trukmė, sujungimo siūlės ataušimui be UG poveikio 0,3–0,5 s.

Produkto: pirminių maišelio iš neaustinės RPET medžiagos UG suvirinimo procesas. UG suvirinimo proceso ir jo automatizavimo konkretus taikymas neaustinėms PET/RPET medžiagoms sujungti yra: standartinio prekių maišelio gamyba.

Toliau atskleidžiami žingsniai, kaip toks maišelis pagaminamas iš neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinių, panaudojant UG suvirinimo būdą su tinkamomis parametromis, bei naudojant automatizuoto gamybos proceso sistemą, apimančią transportavimo liniją ir keletą UG suvirinimo įrenginių, atskirais etapais suvirinančių maišelį iš 7 ruošinių:

- šonų su dugnu ruošinio,
- kitų 2 atskirų šonų,
- 2 sustiprinančių užlenkiamų kraštų,
- 2 rankenų.

UG poveikio tipai ir UG koncentratoriaus-specializuotos formos modifikacijos: UG suvirinimo procese gali būti taikomas erdvėje sutelktas UG poveikis (20 kHz

centrinis dažnis, darbinis įrankis yra sąlyginai mažų erdvinių matmenų ir suvirinamai medžiagos daliai UG poveikio tenka daugiau) arba erdvėje dalinai paskirstytas UG poveikis (15 kHz centrinis dažnis, darbinis įrankis sąlyginai didelių erdvinių matmenų ir UG poveikio tenka išilgai linijos jungiamai suvirinamos medžiagos daliai). Erdvėje sutelktas 20 kHz centrinio dažnio UG poveikis taikomas privirinti maišelio rankenas bei maišelio kraštų užlenkimui ir suvirinimui, kai ruošinys juda nepertraukiamai gamybinės linijos transporteriu. Erdvėje paskirstytas 15 kHz centrinio dažnio UG poveikis naudojamas suvirinti maišelio dugno ir šonų siūles.

Maišelio viršaus užlenkimo krašto formavimas. Šiame etape apibrėžiami UG poveikio sistemos parametrai ir suvirinimo proceso žingsniai:

- UG virpesių generatorius (centrinis dažnis ~20kHz, galingumas ne mažiau 3000 W);
- UG koncentratorius-specializuota forma (darbinis įrankis): centrinis dažnis artimas 20 kHz, galingumas ne mažiau 3000 W (su 360° apsisukimu ratu, kad prie didelės prispaudimo jėgos tolygiau dėvėtusi UG koncentratoriaus-specializuotos formos darbinis paviršius;
- Darbinis įrankis: grūdinto plieno besisukantis ratukas su dantukais, skirtais formuoti siūlės segmentus (dantukų matmenų pavyzdys 0,5 mm x 4 mm).

RPET suvirinimo procesas – žingsniai:

- UG generatorius įjungiamas ne vėliau 0,5 sekundės iki RPET medžiagos tempimo pradžios;
- UG generatoriaus galia nustatoma į maksimalios galios režimą (t.y., 3000 W);
- UG generatoriaus centrinis dažnis parenkamas intervale nuo 19 kHz iki 20 kHz pagal panaudojamo UG koncentratoriaus-specializuotos formos rezonansinį dažnį. Dažnio verčių paderinimo tikslumas $\pm 0,01$ kHz;
- UG poveikio plotas siūlės segmente – 0,5 mm x 4 mm kiekvienoje maišelio pusėje;
- UG poveikio įrankis (ratukas su dantukais) suderintas, kad jo plokštuma tolygiai priglustų prie RPET medžiagos ruošinio;

- UG poveikio įrankio (ratuko) prispaudimas užtikrinamas pneumatiniu cilindru, prispaudžiant 3,5-4 atmosferos arba slėgiu.

Maišelio rankenų formavimas ir pritvirtinimas prie maišelio. Šiame etape apibrėžiama tokie UG poveikio sistemos parametrai ir suvirinimo proceso žingsniai:

- UG virpesių generatorius (centrinis darbo dažnis ~19–20 kHz, galingumas ne mažiau 3000 W);
- UG koncentratorius-specializuota forma su šiai konkrečiai siūlei formuoti skirtu įrankiu, darbo dažnis 19 kHz–20 kHz, galingumas ne mažiau 3000 W;
- darbinis įrankis: maišelio rankeną privirinti naudojamos formos darbinio paviršiaus orientaciniai matmenys 20x20 mm;
- siekiant greಿತaveikos, sistemos valdikliu aktyvuojami lygiagrečiai keturi UG generatoriai ir UG koncentratoriai-specializuotos formos su įrankiais, kurie suformuoja maišelio rankenų keturias tvirtinimo siūles.

RPET suvirinimo procesas – žingsniai:

- UG generatoriaus galia nustatyta į maksimalios galios režimą (3000 W);
- UG generatorius rankenų uždėjimui suderintas dirbti centriniu dažniu intervale 19–20 kHz. Dažnio verčių paderinimo tikslumas $\pm 0,01$ kHz;
- UG generatorius rankenų užlenkimui (perlenkimui pusiau) iš vieno sluoksnio juostelės (pavyzdinis plotis 50 mm) į dvigubą juostelę (tarpusavyje sulydant du sluoksnius, tuomet suformuotos rankenos pavyzdinis plotis 25 mm. UG generatorius suderintas dirbti centriniu dažniu intervale 19–20 kHz. Dažnio verčių paderinimo tikslumas $\pm 0,01$ kHz;
- UG koncentratoriaus-specializuotos formos poveikio sritis siūlės segmente 0,5 mm x 4 mm kiekvienai rankenai pritvirtinti;
- UG koncentratoriaus-specializuotos formos įrankis suderintas taip, kad kiekvienos rankenos plokštuma tolygiai priglustų prie RPET medžiagos ruošinio;
- UG poveikio laikas rankenos privirnimui: 0,05–0,08 s;
- Prispaudimas atliekamas mechaniškai judančiu švaistikliu, judesys atliekamas su elektros variklio pavara, abejoms maišelio pusėms;

Maišelio šoninės ir dugno siūlių formavimas. Šiame etape apibrėžiami tokie UG poveikio sistemos parametrai ir suvirinimo proceso žingsniai:

- UG virpesių generatorius (centrinis dažnis ~ galingumas ne mažiau 4500 W);
- UG koncentratorius-specializuota forma su įrankiu, viršutinė dalis: UG centrinis dažnis artimas 15 kHz, galia ne mažiau 4500 W;
- UG koncentratorius-specializuota forma su įrankiu, apatinė dalis: UG centrinis dažnis artimas 15 kHz, galia ne mažiau 4500 W;
- Pagrindo kaitintuvai, skirti pakaitinti įrankio pagrindą iki 300 °C.

RPET suvirinimo procesas – žingsniai:

- UG generatoriaus galingumas nustatytas maksimalios galios režimui;
- UG generatorius, viršutinė dalis, suderintas dirbti 15 kHz centriniu dažniu, dažnio paderinimo tikslumas $\pm 0,01$ kHz;
- UG generatorius, apatinė dalis, suderintas dirbti 15 kHz centriniu dažniu, dažnio paderinimo tikslumas $\pm 0,01$ kHz;
- UG koncentratorių-specializuotų formų darbiniai įrankiai suderinti, kad abiejų įrankių darbiniai paviršiai sudarytų plokštumą įvertinant skirtingą jungiamos RPET medžiagos ruošinio sluoksnių kiekį.
- RPET medžiagos ruošinio pirminiam pakaitinimui naudojamo pagrindo temperatūra nuo 200 iki 300 °C;
- UG poveikio trukmė: nuo 0,13 iki 0,15 s.

Lentelė 2. Neaustinės PET/RPET medžiagos ir iš jos pagaminto produkto (maišelio) charakteristikos.

Parametrai	Reikšmės
Žaliavos fizinės savybės	1. Plotinis tankis: • PET: 80–100 g/m² • RPET: 80–100 g/m² 2. Lydymosi temperatūra [7]:

	• PET: 260 °C • RPET: 270 °C 3. Tamprumas [8]: • PET: 50–150 proc. • RPET: 50–150 proc. 4. Ribinės deformacijos temperatūros [9]: • Žemos temperatūros galimybės: -20 °C • Šilumos deformacijos temperatūra: 70 °C
Sprendimo parametrai	1. Sparta: 40–45 maišelių per minutę 2. Sandūros stiprumas (maksimalus atlaikomas svoris): 45 kg

Lentelė 3: PET/RPET rankenų formavimo ir pritvirtinimo parametrai pusiau automatiniam ir automatiniam maišelių iš neaustinės PET / RPET medžiagos gamybos procese..

Parametrai	Reikšmės
Techniniai parametrai	Kritiniai proceso parametrai: - Prispaudimo laikas: 0,13–0,14 sekundės - Pagrindo temperatūra: 200–300 °C - Prispaudimo jėga: slėgis 0,3–0,5 MPa (0,3–0,5 N/mm²) - Generatoriaus galingumas: 2500–4000 kW
Proceso būdas	Automatinis
Proceso sparta	40 vnt./min. (įvertinus broką ir produktų / scenarijų perdirinimo rizikas)
Naujos sistemos	- Galimybė keisti kaitinamo pagrindo temperatūrą (papildomas padidinimas iki 300 °C);

savybės (lyginant su žinomomis)	- Stabilus UG intensyvumas; - Reguliuojamo galingumo generatorius; - Optimali UG koncentratoriaus–specializuotos formos prispaudimo jėga (slėgis) prie jungiamų paviršių.
---------------------------------------	---

Lentelė 4: Neaustinės medžiagos pirkinių maišelis, kurio siūlės pagamintos automatinio terminio sujungimo būdu.

Parametrai	Reikšmės
Leidžiamas atlaikyti svoris	45 kg
Plotinis tankis	80–100 g/m ²

Maišelio iš neaustinės RPET medžiagos gamybos procesas automatizuotoje sistemoje (sistemos prototipas, realizuojantis neaustinės PET/RPET medžiagos UG suvirinimo būdą). Pateikiami pirkinių maišelio gamybos detalizuoti etapai, atliekami sisteminėmis priemonėmis ir įrankiais, kurių visuma įgyvendina automatizuotą maišelio gamybos ir UG suvirinimo procesą.

A. Medžiagos nuvyniojimas nuo rulono, kraštų užlenkimas ir suvirinimas:

- Neaustinės medžiagos rulonas nuo gamybos cecho grindinio pakeliamas manipulatoriais, valdomais pneumatiniu būdu;
- Medžiaga nuvyniojama nuo pneumatiniu būdu valdomos užspaudimo ašies;
- Nuvyniojamos medžiagos įtempimas reguliuojamas per medžiagos įtempimo matavimo daviklius, valdymo bloką ir valdomą magnetinių miltelių stabdį. Baigiantis rulonui, suveikia automatinis gamybos prototipo stabdymas;
- Medžiagos kraštas palaikomas vienoje vietoje su kraštų padėties valdymo sistema, kurią sudaro davikliai, valdymo blokas ir elektrinė pavara;
- Maišelio dugną formuoti naudojami du pneumatiniu būdu valdomi peiliai. Medžiagos kraštai užlenkiami ir suvirinami naudojant UG koncentratorius-

specializuotas formas, ir pagrindus – besisukančius ratukus;

- Tolygiai įtempti medžiagą naudojamas papildomas valdomas magnetinių miltelių stabdis ir pavara su asinchroniniu varikliu bei dažnio keitikliu;
- Pneumatinio būdu paderinamų velenų sistema užtikrina tolygų medžiagos audinio įtempimą ir medžiagos reikiamo kiekio padavimą, įrenginiui startuojant ir sustojant. Pavara yra su guminiiais velenais ir pneumatiniu prispaudimu;
- Pagalbinė žingsninė pavara užtikrina medžiagos pastovų įtempimą per visą gamybos linijos ilgį, ji yra su guminiiais velenais ir pneumatiniu prispaudimu (iš abiejų medžiagos ruošinio pusių).

UG poveikio įrangos rekomenduojami parametrai:

- Skaitmeniniai UG virpesių generatoriai, galingumas 3000 W, centrinis dažnis 20 kHz, 2 vnt.;
- UG koncentratoriai–specializuotos formos, galingumas 3000 W, centrinis dažnis 20 kHz, 2 vnt.;
- Pagrindai – besisukantys plieniniai ratukai su dantukais, 2 vnt.

B. Produkto (neauštinės medžiagos maišelio) rankenų formavimas:

- Maišelio rankenų iškirtimo mechanizmai iš abiejų medžiagos ruošinio pusių, valdomi pneumatiniu būdu;
- Maišelio rankenos fiksuojamos iš ruošinio medžiagos kraštų, tam skirti simetriškai stovintys du įrenginiai;
- Rankenų medžiaga nuvyniojama nuo medžiagos rulono, yra medžiagos nutrūkimo daviklis, pastovios srovės pavara;
- Rankenų juostelė suformuojama ir privirinama su UG koncentratoriais–specializuotomis formomis ir prispaudimo pagrindais – besisukančiais ratukais;
- Rankenų ilgio, padėties ir tarpo nuo centrinės padėties atstumo vertės nustatomos valdiklio kompiuteryje, toliau postūmiai erdvėje nustatomi žingsninėmis pavaromis;
- Rankenos suformuojamos ir nupjaunamos peiliais su pneumatinių cilindų ir žingsninių variklių pagalba. Rankenos prie medžiagos ruošinio privirinamos UG

poveikiu, naudojant erdvėje perstatomus UG koncentratorius-specializuotas formas su specialios konfigūracijos darbiniais įrankiais. Procesą pagreitinti, rekomenduojama naudoti vienu metu dirbančius 4 vnt., kadangi maišelis turi 2 rankenas, kiekviena privirinama prie ruošinio krašto abiem galais – viso 4 rankenų jungimo sritys.

UG poveikio įrangos rekomenduojami parametrai:

- Skaitmeniniai UG virpesių generatoriai, galingumas 3000 W, centrinis dažnis 20 kHz, 6 vnt.;
- UG koncentratoriai–specializuotos formos, galingumas 3000 W, virpesių centrinis dažnis 20 kHz, 6 vnt.;
- Darbiniai įrankiai (specialios formos 'x' formos siūlei formuoti), 4vnt.;
- Pagrindai – besisukantys plieniniai ratukai su dantukais, 2 vnt.

C. Produkto medžiagos paruošimo prototipo dalis:

- Neaustinės medžiagos ruošinys su privirintomis prie krašto rankenomis paduodamas į medžiagos ruošinio pasukimo 90 laipsnių kampu velenų sistemą, panaudojant žingsninę pavarą su guminiais velenais ir pneumatiniu prispaudimu;
- Pakeitusi kryptį 90 laipsnių kampu, medžiaga pozicionuojama su optiniu davikliu ir žingsnine pavara, bei centruojama su dviem optiniais davikliais ir žingsnine pavara. Gaminamo produkto (maišelio) šonų ir dugno formavimą palengvinti, naudojami du ratukai-peiliukai su žingsnine pavara, kurie pravažiuotų nustatytoje vietoje skersai medžiagos ruošinio;
- Į skersinio nukirtimo dvigubą peilį valdomą žingsninės pavaros, reikiamo ilgio medžiagos ruošinys paduodamas guminiais velenais su žingsnine pavara.

D. Produkto formavimo prototipo dalis:

- Medžiagą, paduodamą iš skersinio pjovimo peilių, sugauna du pneumatiniai griebtuvai ir žingsninio variklio pagalba nuveža kreipiančiosiomis užduotą atstumą;
- Iš viršaus kreipiančiosiomis, atliekant perstūmimą žingsniniu varikliu, turi nusileisti į užduotą poziciją maišelio formavimui skirta specializuota forma. Ši

forma surenkama iš atskirų dalių, pagal maišelio matmenis, ir turi programuojamos temperatūros šildymą su temperatūros kontrole. Šis šildymas reikalingas atlikti medžiagos ruošinio pirminį pakaitinimą. Medžiaga pagal valdymo algoritmą iš visų pusių prispaudžiama prie maišelio formavimui skirtos specializuotos formos ir atliekamas siūlių UG suvirinimas panaudojant UG koncentratorius-specializuotas formas su darbiniais įrankiais;

- Panaudoti du UG koncentratoriai-specializuotos formos su erdvėje paskirstyto UG poveikio darbiniais įrankiais vertikaliai linijinės siūlės suvirinimui ir du UG koncentratoriai-specializuotos formos su erdvėje paskirstyto UG poveikio darbiniais įrankiais užlenkimų siūlių ('Y' formos) suvirinimui;
- Šie UG koncentratoriai-specializuotos formos su erdvėje paskirstyto UG poveikio darbiniais įrankiais vertikaliai linijinės siūlės suvirinimui ir užlenkimų siūlių ('Y' formos) suvirinimui išdėstyti abiejose maišelio formavimo specializuotos formos pusėse (po du kairėje ir po du dešinėje). Jie sumontuoti ant vežimėlių, stumdomų žingsniniais varikliais ant kreipiančiųjų, turi prispaudimo jėgos reguliavimą su pneumatiniiais cilindrais. Medžiagos ruošinio prispaudimą prie maišelio formavimo specializuotos formos atlieka žingsniniai varikliai ir pneumatiniai cilindrai. Atlaisvinus medžiagos ruošinio prispaudimą, keturi žingsniniai varikliai su frikciniais diržais nutraukia suformuotą maišelį nuo maišelio formavimo specializuotos formos, ir forma pakyla į viršų.

UG poveikio įrangos rekomenduojami parametrai:

- Skaitmeniniai UG virpesių generatoriai, galingumas 4000 W, dažnis 15 kHz, 4 vnt.;
- UG koncentratoriai-specializuotos formos, galingumas 4000 W, virpesių centrinis dažnis 15 kHz (pjezokeramikos žiedų skersmuo 70 mm), 4 vnt.;
- Darbiniai įrankiai – specialios formos iš titano lydinio, skirti formuoti linijinę siūlę ir 'Y' formos užlenkimų siūles), viso 4 vnt.;

E. Produktų surinkimas:

- Atlikus visų siūlių UG suvirinimą, tai yra, pagaminus maišelį, jis nukrenta ant juostinio transporterio, kurio greitis pasirenkamas;
- Sekančiame etape, su oro papūtimu ir spyruoklinėmis kreipiančiosiomis

maišelis nukeliauja į lankstymo mechanizmą. Per paruoštas lenkimo ir suvirinimo vietas maišelis sulenkiamas, supresuojamas ir patenka į surinkimo mechanizmą. Maišeliai surenkami kaupiklyje, suskaičiuojami, atskiriami pagal nustatytą skaičių. Operatorius maišelius išima iš kaupiklio;

F. Gamybos sistemos prototipo valdymas:

- Gamybos sistemos prototipo valdymas atliekamas su programuojamais valdikliais ir pagrindine valdymo jutimine panele. Joje yra galimybė nustatyti ir kontroliuoti maišelio gamybos prototipo visus parametrus. Valdymo panelės, mygtukai, rankenėlės sumontuotos maišelių gamybos prototipo aptarnavimo vietose. Visos pavaros sumontuotos maišelių gamybos mašinos prototipo viduje. Visi sistemos prototipo UG virpesių generatoriai sumontuoti sistemoje, galimai arčiau UG koncentratorių-specializuotų formų instaliacijos vietų.

UG poveikiu suformuotų siūlių testavimas. Neaustinės PET/RPET medžiagos sujungimo siūlių tempimo bandymai atlikti su tempimo mašina „Tinius Olsen“ H10KT, tempimo greitis 50 mm/min, pradinė apkrova 0,5 N. Apkrovos kitimo intervalo maksimali reikšmė iki 7500 N. Tempimo eiga 500 mm, bandinio griebtuvo ilgis 170 mm. Neaustinės medžiagos lakštų sujungimo pavyzdžiai paruošti tempimo bandymams ir jų matmenys parodyti 5 paveiksle - a) dviejų sluoksnių (RPET 1-1, RPET 1-2), b) keturių sluoksnių (RPET 2-1, RPET 2-2) ir c) formuojama siūlė sujungianti rankeną ir kraštą.

RPET neaustinės medžiagos bandinių (RPET 1-1 ir RPET 1-2) bandymų metu tempimo jėgos ir bandinių pailgėjimo priklausomybė, kai formuojama persiklojančių lakštų siūlė, pateikta 7 paveiksle (a) ir 5 lentelėje.

5 lentelė. RPET bandiniams (RPET 1-1 - RPET 1-2) tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai formuojama persiklojančių lakštų siūlė.

Bandinio Nr.	Maksimali jėga, N	Pailgėjimas prie maksimalios jėgos, %	Suminis pailgėjimas, %	Įtempimas trūkio zonoje, MPa
RPET 1-1	342,0	12,82	25	-

RPET 1-2	340,8	12,21	12,53	0,337
Vidurkis	341,4	12,51	18,76	-
Std.	0,849	0,437	8,82	0,238

RPET neaustinės medžiagos bandinių (RPET 2-1 ir RPET 2-2) bandymų metu tempimo jėgos ir bandinių pailgėjimo priklausomybė, kai formuojama persiklojančių dvigubų lakštų siūlė, viso jungiami tarpusavyje 4 neaustinės medžiagos lakštai, pateikta 7 paveiksle (b) ir 6 lentelėje.

6 lentelė. RPET bandiniams (RPET 2-1 - RPET 2-2) tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai formuojama dviejų persiklojančių dvigubų lakštų siūlė.

Bandinio Nr.	Maksimali jėga, N	Pailgėjimas prie maksimalios jėgos, %	Suminis pailgėjimas, %	Įtempimas trūkio zonoje, MPa
RPET 2-1	442	14,14	20,24	0,014
RPET 2-2	347,2	9,45	11,24	2,290
Vidurkis	394,6	11,79	15,74	0,151
Std.	67,0	3,319	6,36	0,196

RPET bandinių (RPET 3-3 ir RPET 3-4) tempimo jėgos ir bandinių pailgėjimo priklausomybė, kai suformuota siūlė, jungianti maišelio PET rankeną ir RPET užlenktą kraštą, viso tarpusavyje sujungiami 4 neaustinės medžiagos lakštai, pateikta 7 paveiksle (c) ir 7 lentelėje.

7 lentelė. RPET bandiniams (RPET 3-1 - RPET 3-4) tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai formuojama siūlė sujungianti produkto-maišiuo PET rankeną ir RPET kraštą (viso tarpusavyje sujungiami 4 lakštai).

Bandinio Nr.	Maksimali jėga, N	Pailgėjimas prie maksimalios jėgos, %	Suminis pailgėjimas, %	Įtempimas trūkio zonoje, MPa
RPET 3-1	134,4	18,35	23,76	0,007
RPET 3-2	123,6	20,24	27,00	0,103
RPET 3-3	147,0	18,87	20,35	0,141
RPET 3-4	125,0	17,41	22,16	0,072
Vidurkis	132,5	18,72	23,32	0,081
Std.	10,78	1,178	2,821	0,057

RPET bandinių (RPET 3-1 ir RPET 3-2) bandymų metu tempimo jėgos ir bandinių pailgėjimo priklausomybė, kai formuojama siūlė sujungianti maišelio PET rankeną ir RPET kraštą, viso tarpusavyje sujungiami 4 lakštai, pateikta 7 paveiksle (d).

RPET bandiniams tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai formuojama persiklojančių lakštų siūlės (RPET 1-1 - RPET 1-2) ir (RPET 2-1 - RPET 2-2), taip pat siūlė sujungianti maišelio PET rankeną ir RPET kraštą (RPET 3-1 - RPET 3-4), viso tarpusavyje sujungiami 4 lakštai, pateiktos 8 lentelėje.

8 lentelė. RPET/PET tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai persiklojančių lakštų siūlės: (RPET 1-1 - RPET 1-2) ir (RPET 2-1 - RPET 2-2), taip pat siūlė sujungianti maišelio PET rankeną ir RPET kraštą (RPET 3-1 - RPET 3-4, viso sujungiami 4 lakštai).

Bandinio Nr.	Maksimali jėga, N	Pailgėjimas prie maksimalios jėgos, %	Suminis pailgėjimas, %	Įtempimas trūkio zonoje, MPa
RPET 1-1 (RPET ir	342,0	12,82	25	-

RPET)				
RPET 1-2 (RPET ir RPET)	340,8	12,21	12,53	0,337
Vidurkis	341,4	12,51	18,76	-
Std.	0,849	0,437	8,82	0,238
RPET 2-1 (RPET ir RPET)	442	14,14	20,24	0,014
RPET 2-2 (RPET ir RPET)	347,2	9,45	11,24	0,290
Vidurkis	394,6	11,79	15,74	0,151
Std.	67,0	3,319	6,36	0,196
RPET 3-1 (RPET ir PET)	134,4	18,35	23,76	0,007
RPET 3-2 (RPET ir PET)	123,6	20,24	27,00	0,103
RPET 3-3 (RPET ir PET)	147,0	18,87	20,35	0,141
RPET 3-4 (RPET ir PET)	125,0	17,41	22,16	0,072
Vidurkis	132,5	18,72	23,32	0,081
Std.	10,78	1,178	2,821	0,057

Remiantis tyrimų rezultatais priimta prielaida, kad maišelio vienos rankenos tvirtinimo abi sritys galėtų atlaikyti sumoje tempimo jėgas iki (25,2–30) kg. Kadangi

maišelis turi dvi rankenas, tuomet abi rankenos galėtų atlaikyti sumoje tempimo jėgas esant įdėtam į maišelį svoriui iki (50,4–60) kg.

Taip pat, siekiant palyginti RPET neaustinės medžiagos ruošinių dviejų persiklojančių lakštų ir neaustinės PET medžiagos dviejų persiklojančių lakštų suvirinimo siūlių atlaikomas maksimalias tempimo jėgas, atlikti tempimo bandymai ir PET medžiagos ruošiniams. PET bandinių (PET1 ir PET2) bandymų metu tempimo jėgos ir bandinio pailgėjimo priklausomybė, kai formuojant siūlę lakštai persikloja, pateikta 9 lentelėje ir 7 paveiksle (e).

Palyginus maksimalių atlaikomų tempimo jėgų rezultatus, gautus RPET ruošinių suvirinimo siūlėms (RPET 1-1 ir RPET 1-2, 8 lentelė) ir PET ruošinių (PET 1 ir PET 2, 9 lentelė) suvirinimo siūlėms, nustatyta, kad

- RPET ruošinių siūlės (esant 3 eilių dygsniams) atlaiko tempimo jėgą iki 340 N,
- PET ruošinių siūlės (esant 2 eilių dygsniams) atlaiko tempimo jėgą iki 167 N.

Todėl 3 eilių dygsnių naudojimas yra perspektyvus taikyti gamybinėse sąlygose.

9 lentelė. PET bandiniams (PET1 ir PET2) tempimo bandymo metu gautos reikšmės, kai formuojama persiklojančių lakštų siūlė.

Bandinio Nr.	Maksimali jėga, N	Pailgėjimas prie maksimalios jėgos, %	Suminis pailgėjimas, %	Įtempimas trūkio zonoje, MPa
PET 1	167,4	4,54	6,65	0,058
PET 2	176,6	7,32	7,47	2,145
Vidurkis	172,0	5,93	7,06	1,101
Std.	6,51	1,97	0,58	1,476

NEPATENTINĖS LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Kellie G., Advances in Technical Nonwovens, Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 181, 2016, p.508.
2. Jones I. and Stylios G. K., Joining textiles, Principles and applications, Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 110, 2013, p.594.
3. Troughton M.J., Handbook of Plastics Joining, A Practical Guide, 2nd Edition, 2008, p.590.
4. D'huys et al. Multicriteria evaluation and optimization of the ultrasonic sealing performance based on design of experiments and response surface methodology, Packag Technol Sci. 2019;32:165–174.
5. Warren K. C., Resistance welding of glass fiber reinforced PET: Effect of weld pressure and heating element geometry, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2016, Vol. 35(12), 974–985.
6. Juan A. Gallego-Juarez and Karl F. Graff, Power Ultrasonics, Applications of High-intensity Ultrasound, Benatar A, Ultrasonic welding of plastics and polymeric composites, Woodhead Publishing Series in Electronics and Optical Materials: Number 66, 2015, 295-312.
7. N.Ruqiyah et al., Thermal properties of polyethylene reinforced with recycled–poly (ethylene terephthalate) flakes, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 342, International Conference on Innovative Technology, Engineering and Sciences 2018 (iCITES 2018) 1–2 March 2018, Universiti Malaysia Pahang (UMP) Pekan Campus Library, Malaysia, DOI 10.1088/1757-899X/342/1/012094, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/342/1/012094/pdf>.
8. H. A.M. Saeed, et al, Properties of recycled poly (ethylene terephthalate) (PET)/hyperbranched polyester (HBPET) composite fibers, The Journal of The Textile Institute, Volume 106, 2015 - Issue 6, published online: 25 Jun 2014, <https://doi.org/10.1080/00405000.2014.930577>.
9. RPET <http://flightplastics.co.uk/rpet.html>.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Būdas ultragarso UG poveikiu suvirinti termoplastiko neaustinės medžiagos sluoksnius, kur UG poveikiu pakeliama medžiagos suglaustų sluoksnių temperatūra iki sluoksnių tarpusavio susilydymo, apimantis šiuos žingsnius:

- suglaudžiami neaustinės termoplastiko medžiagos sluoksniai,
- suglausti medžiagos sluoksniai suspaudžiami,
- atliekamas UG poveikis UG koncentratoriumi-specializuota forma į suglaustų medžiagos sluoksnių numatytą sujungimo vietą,
- UG poveikiu suformuota suglaustų sluoksnių siūlė ataušiniama, išlaikant sluoksnių suspaudimą,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

- suglaudžiami 2 ar daugiau neaustinės PET/RPET medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2),
- suglausti sluoksniai (8.1, 8.2) suspaudžiami 0,3–0,5 Mpa slėgiu,
- į suglaustų medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) numatytą sujungimo vietą taikomas 10–30 kHz dažnio 1500–4500 W galios UG poveikis UG koncentratoriumi-specializuota forma (3), kur UG poveikis trunka nuo 0,1 iki 0,4 sekundės,
- suformuota siūlė (7) ataušinama be UG poveikio, išlaikant sluoksnių (8.1, 8.2) prispaudimą iki 0,5 sekundės.

2. Būdas pagal 1 punktą, kur PET/RPET medžiagos ruošinių suglausti sluoksniai (8.1, 8.2), prieš UG poveikio taikymą, yra pakaitinami iki suglaustų sluoksnių tokios (8.1, 8.2) temperatūros, kuri yra intervale nuo 200 iki 300 °C.

3. Būdas pagal 1 arba 2 punktą, kur UG poveikis yra 18–22 kHz erdvėje sutelktas arba 13–17 kHz erdvėje paskirstytas UG poveikis.

4. Būdas pagal bet kurį iš 1–3 punktų, kur UG koncentratorius-specializuota

forma (3), formuoja lygiagrečiai daugiau nei vieną siūlės dygsnį arba visą siūlę (7) vienu metu.

5. Būdas pagal bet kurį iš 1–4 punktų, kur medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) siūlė (7) formuojama tarp

- UG koncentratoriaus-specializuotos formos (3) darbinio paviršiaus - vienoje medžiagos ruošinių suglaustų sluoksnių (8.1, 8.2) pusėje, ir

- ruošinių sluoksnių (8.1, 8.2) apdorojimo pagrindo arba darbinio įrankio paviršiaus - priešingoje medžiagos ruošinių suglaustų sluoksnių (8.1, 8.2) pusėje.

6. Sistema sujungti UG poveikiu neaustinės perdirbto atliekinio termoplastiko medžiagos ruošinių sluoksnius, apimanti bent

- UG dažnio galios generatorių,

- UG poveikio koncentratorių su darbinio įrankiu formuoti medžiagos sluoksnių suvirinimo siūlę,

- pagrindą padėti ir suspausti UG poveikiu suvirinamus medžiagos sluoksnius, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad apima

- linijos transporterį su pagrindu (10), skirtu apdoroti medžiagos ruošinius, kurie yra suvirinami UG poveikiu kaip mažiausiai 2 medžiagos sluoksniai (8.1, 8.2);

- vieną arba daugiau 13–22 kHz dažnio 1500–4000 W galios UG generatorių (1) ir, atitinkamai, vieną ar daugiau UG koncentratorių-specializuotų formų (3),

- darbinį įrankį, skirtą formuoti suvirinimo siūlę (7) iš priešingos ruošinių suglaustų sluoksnių (8.1, 8.2) pusės,

- įrenginį suspausti suglaustus medžiagos sluoksnius (8.1, 8.2) slėgiu iš reikšmių intervalo 0,3–0,5 Mpa,

kur sistema yra sukonfigūruota atlikti neaustinės PET/RPET medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) suvirinimą UG poveikiu, šiais žingsniais

- suglausti nuo 2 iki 4 neaustinės PET/RPET medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) ant transporterio pagrindo,

- UG koncentratoriumi-specializuota forma (3) ir darbinio įrankiu iš priešingos pusės suspausti suglaustus medžiagos sluoksnius (8.1, 8.2) slėgiu iš reikšmių intervalo 0,3–0,5 Mpa,

- taikyti 15–22 kHz centrinio dažnio 1500–4000 W galios 0,1–0,4 sekundės trukmės UG poveikį su UG koncentratoriumi-specializuota forma (3) į numatytą sluoksnių (8.1, 8.2) sujungimo vietą (7), formuojantį sluoksnių susilydymo siūlę (7),

- ataušinti UG koncentratoriumi-specializuota forma (3) suformuotą siūlę (7), išlaikant medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) prispaudimą be UG poveikio iki 0,5 sekundės.

7. Sistema pagal 6 punktą, apimanti medžiagos ruošinių pakaitinimo priemones (10, 12, 13), sukonfigūruotas pakaitinti ruošinių sluoksnių (8.1, 8.2) medžiagą iki 200–300 °C temperatūros prieš UG poveikį.

8. Sistema pagal 7 punktą, kur PET/RPET medžiagos ruošinio (8.1, 8.2) pakaitinimo priemonės yra bet kuris vienas arba kombinacija iš šių pakaitinimo įrenginių:

- medžiagos ruošinių apdorojimo pagrindas (10), pakaitinantis ant jo esančių medžiagos ruošinių sluoksnius iki 300 °C temperatūros,

- medžiagos ruošinių sluoksnių apipūtimo karštu oro srautu įrenginys (12), pakaitinantis karštu oro srautu medžiagos sluoksnius iki 200 °C,

- medžiagos ruošinių sluoksnių pakaitinimo infraraudonaisiais spinduliais įrenginys (13), pakaitinantis infraraudonaisiais spinduliais medžiagos sluoksnius iki 200 °C.

9. Sistema pagal 6 punktą, kur darbinis įrankis yra

- transporterio linijos pagrindas, prie kurio prispaudžiami suglausti ruošiniai su UG koncentratoriumi-specializuota forma; arba

- besisukantis grūdinto plieno ratukas (6) su dantukais, formuojančiais siūlės (7) dygsnius, kur dantukų matmenys atitinka siūlės (7) dygsnio dydį; arba

- specializuotos siūlės formos įrankis su darbinio paviršiumi, apimančiu siūlės

(7) dygsnių dydį atitinkančius dantukus; arba

- antras UG poveikio koncentratorius-specializuota forma (3), su darbinio paviršiumi, atitinkančiu konkrečios siūlės formą.

10. Sistema pagal 6 punktą, kur daugiau nei vienas UG koncentratorius-specializuota forma (3) sukonfigūruotas suvirinti daugiau negu vieną siūlę (7) tuo pačiu metu.

11. Sistema pagal 6 punktą, kur daugiau negu vienas UG koncentratorius-specializuota forma (3) sukonfigūruotas suvirinti atskiras medžiagos sluoksnių (8.1, 8.2) siūles (7) vieną po kitos konvejeriniu būdu, kur bet kuris atskiras UG koncentratorius-specializuota forma (3) suvirina to paties produkto daugiau nei vieno egzempliorių tą pačią siūlę (7).

12. Neaustinės medžiagos produktas, pagamintas būdu pagal punktus 1–5, kur būdas, yra veikiantis sistemoje pagal 6–11 punktus.

13. Produktas pagal punktą 12, kur produktas yra pirkinių maišelis.

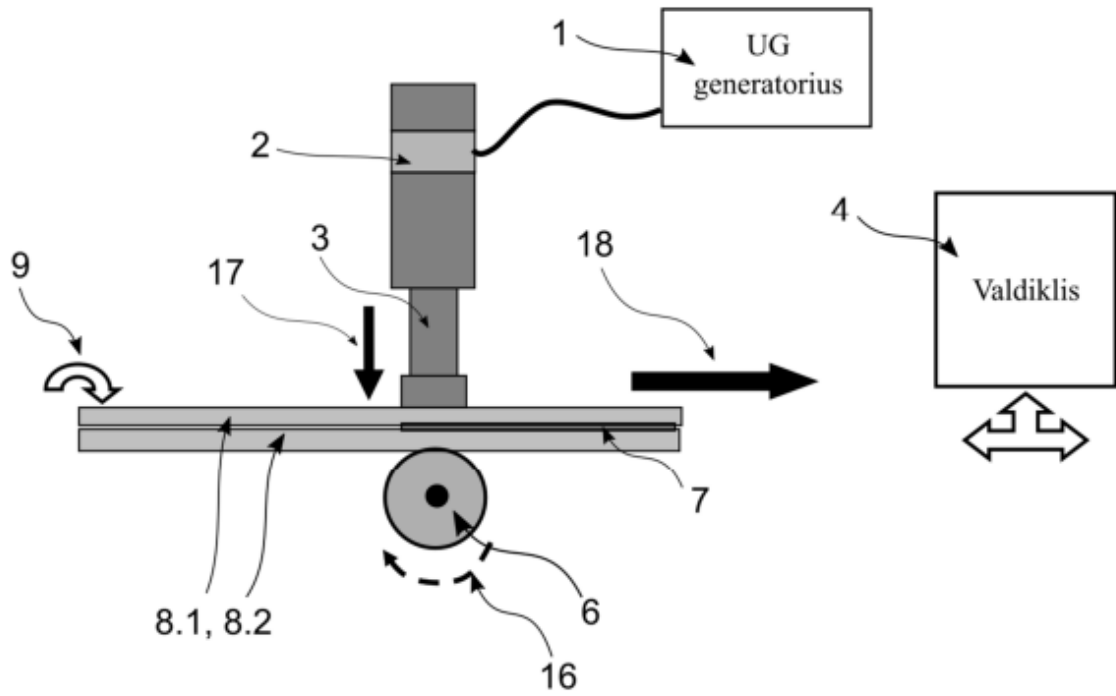
14. Maišelis pagal 12–13 punktus iš neaustinės PET/RPET medžiagos ruošinių - dviejų šonų su dugnu vieno ruošinio, kitų dviejų šonų atskirų ruošinių, dviejų užlenkiamų kraštų ruošinių, ir dviejų rankenų ruošinių - pagamintas būdu, apimančiu žingsnius pagal punktus 1–5, kur

- suformuojamas maišelio viršaus užlenkimo kraštas (9), taikant sutelktą erdvėje 19–20 kHz dažnio 3000 W galios UG poveikį, kur darbinis įrankis yra grūdinto plieno besisukantis ratukas (6) su dantukais, formuojančiais siūlės (7) segmentus, kuris prispaudžiamas iš užlenkto krašto (9) priešingos pusės pneumatiniu cilindru 3,5–4 atmosferų arba 0,35–0,4 MPa slėgiu;

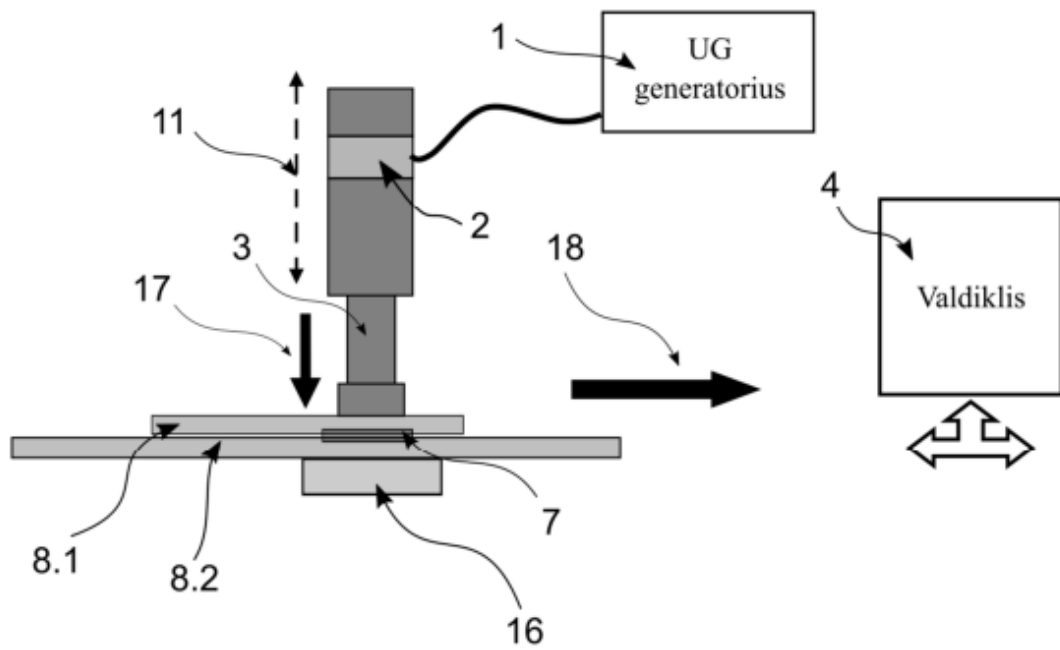
- prie suformuotų maišelio kraštų pritvirtinamos rankenos keturiomis siūlėmis, UG poveikiu suvirinant dviejų medžiagos sluoksnių užlenktą kraštą ir dviejų medžiagos

sluoksnių rankeną, kur tinkama siūlės forma yra 20x20 mm kvadratas su įstrižainėmis, taikant erdvėje sutelktą 19–20 kHz centrinio dažnio 3000 W galios UG poveikį, kur darbinis įrankis yra transporterio linijos pagrindas (10), prie kurio prispaudžiami 3,5–4 atmosferų arba 0,35–0,4 MPa slėgiu suglausti ruošinių sluoksniai (8.1, 8.2), tarpusavyje suvirinami UG koncentratoriais-specializuotomis formomis (3), UG poveikio trukmė yra 0,05 s–0,08 s, o rankenų 4 siūlės (7) suvirinamos 4 UG koncentratoriais-specializuotomis formomis (3) vienu metu;

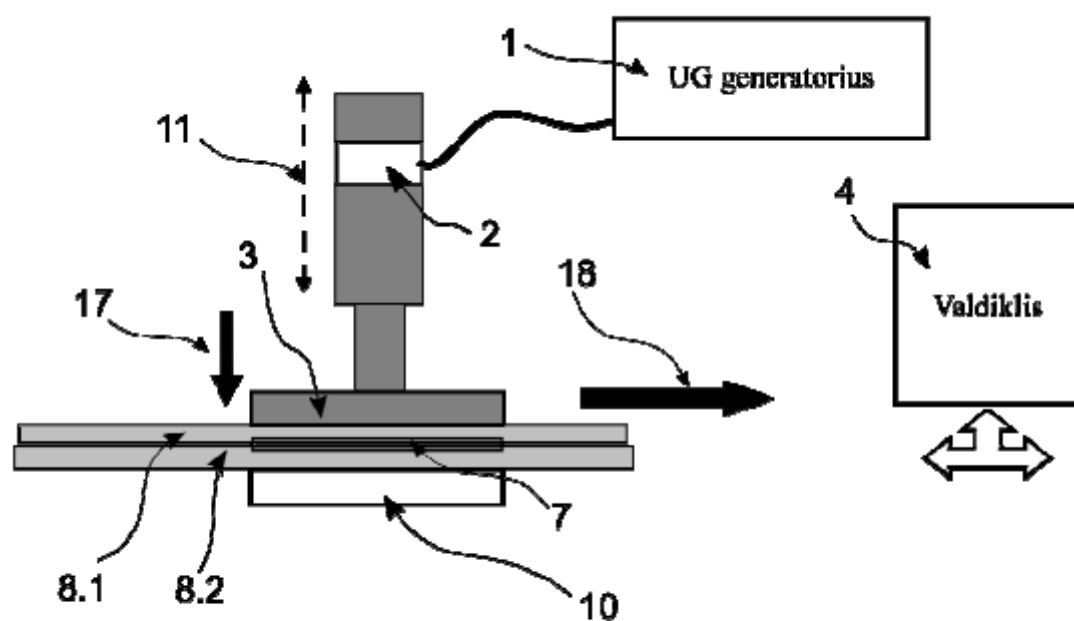
- suformuojamos šoninės ir dugno siūlės, taikant erdvėje paskirstytą 15 kHz dažnio 4500 W galios UG poveikį, kur suvirinti siūles naudojami viršutinis ir apatinis UG koncentratoriai- specializuotos formos, kurių darbiniai paviršiai suderinti į plokštumą su jungiamų ruošinių sluoksniais, kur ruošiniai pakaitinami iki 300 °C, ir taikomas 0,1–0,15 sekundės UG poveikis, suspaudimas - 3,5–4 atmosferų arba 0,35–0,4 MPa slėgiu, siūlės atvėsinimas su prispaudymo išlaikymu be UG poveikio – 0,5 sekundės.



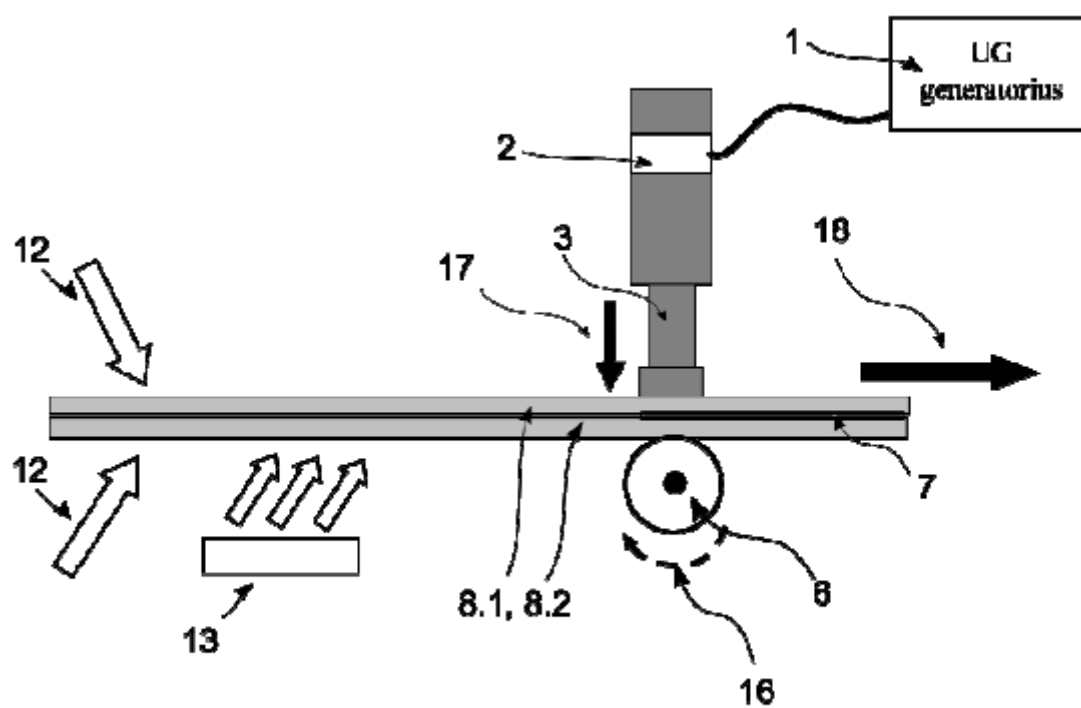
1 pav.



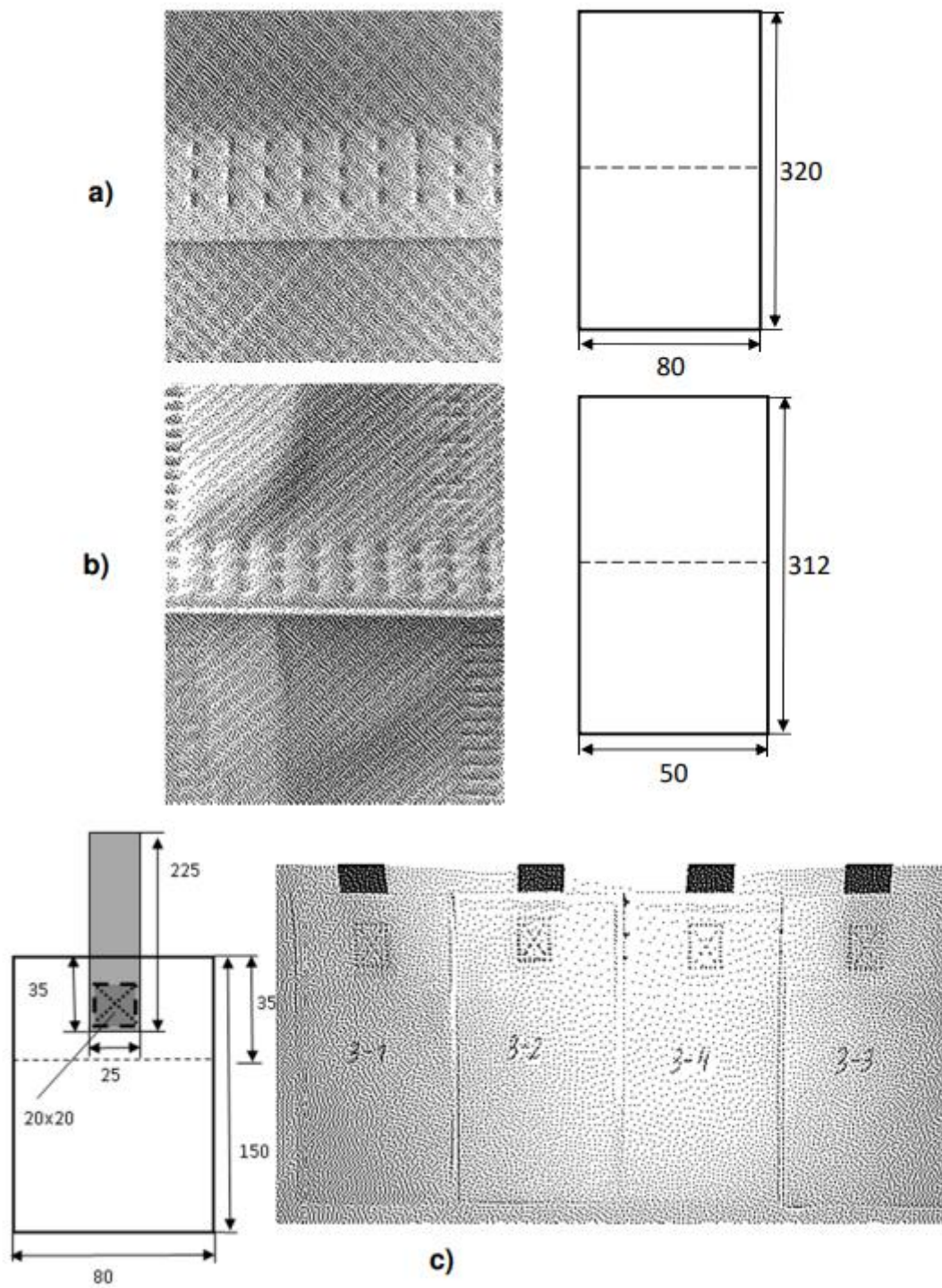
2 pav.

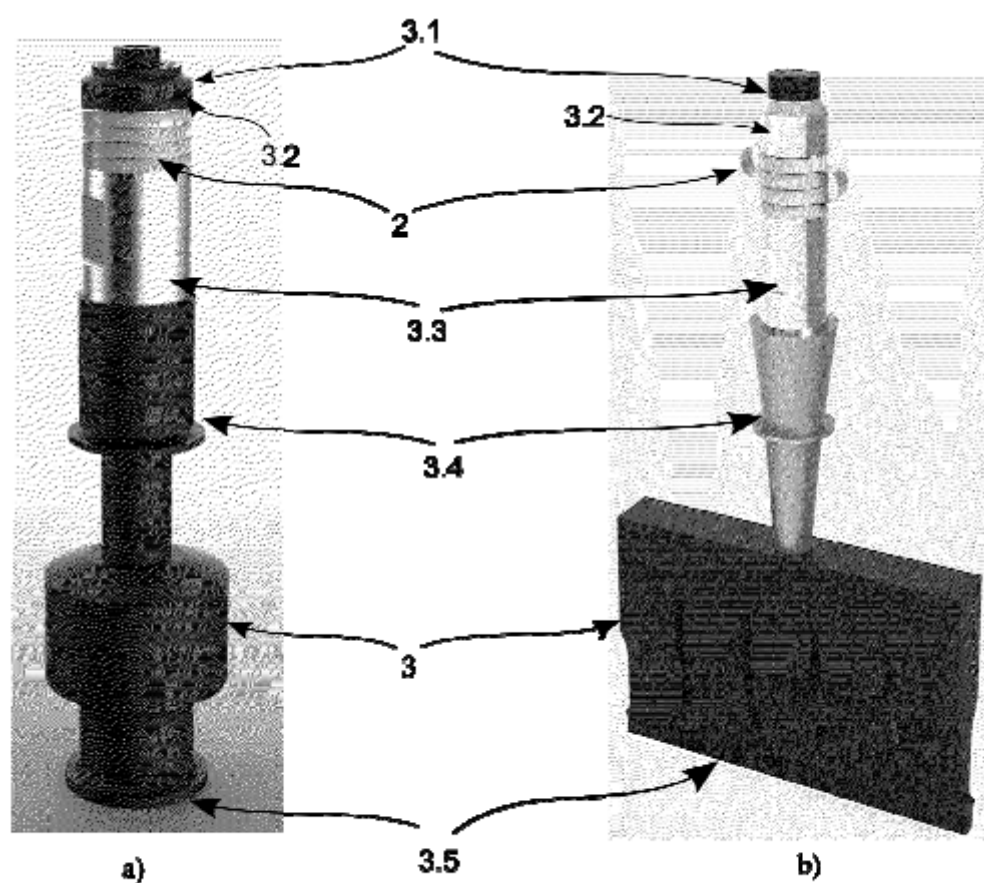


3 pav.

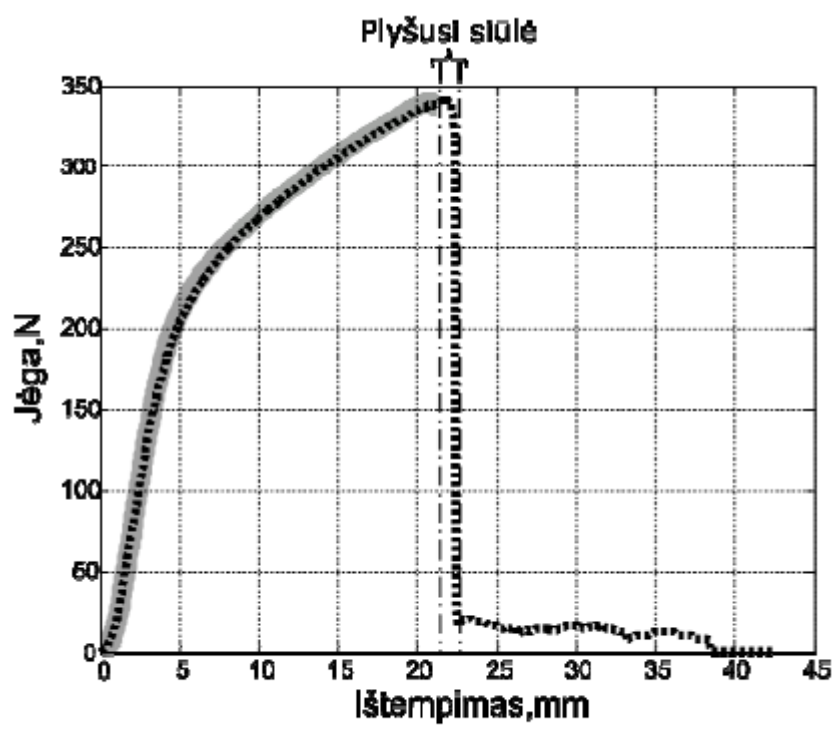


4 pav.

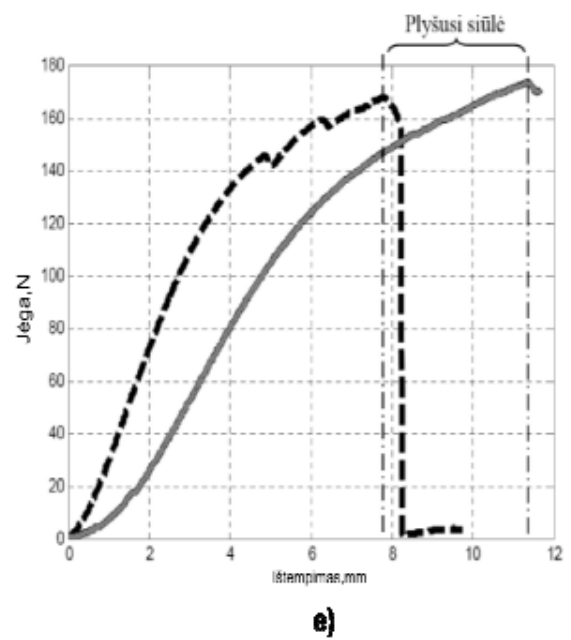
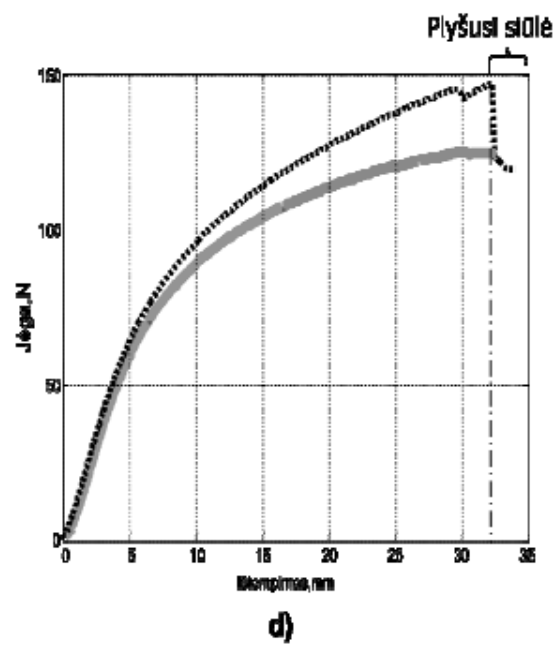
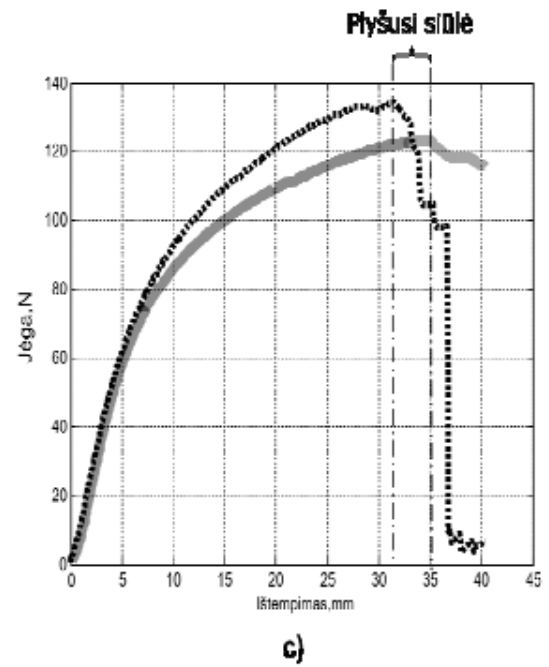
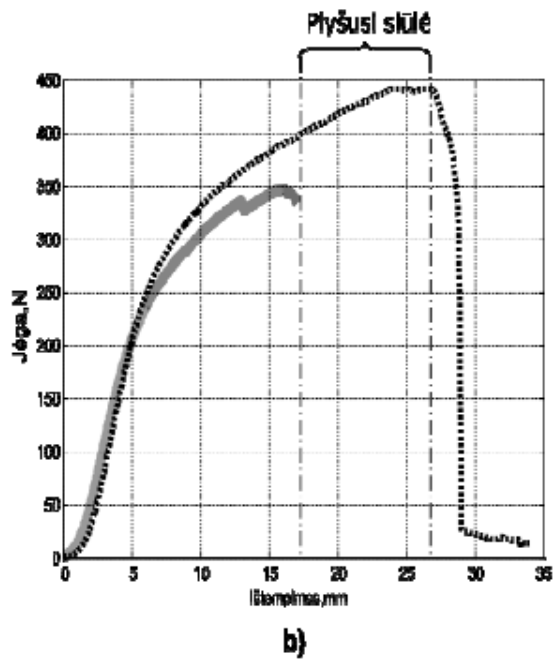




6 pav.



7 pav. a)



7 pav.