



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Gerda Mikalaukaitė

TEKSTILĖS MEDŽIAGŲ KLIJUOTŲ SISTEMŲ
IŠSLUOKSNIAVIMO STIPRIO TYRIMAS IR VERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Virginija Daukantienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

TEKSTILĖS MEDŽIAGŲ KLIJUOTŲ SISTEMŲ
IŠSLUOKSNIAVIMO STIPRIO TYRIMAS IR VERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Aprangos mados inžinerija (kodas 621J40004)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Virginija Daukantiene
(data)

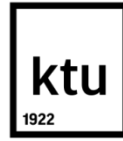
Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Kristina Ancutienė
(data)

Projektą atliko

(parašas) Gerda Mikalaukaitė
(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Gerda Mikalauskaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aprangos mados inžinerija (621J40004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio tyrimas ir vertinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. birželio 6 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Gerdos Mikalauskaitės**, baigiamasis projektas tema „Tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio tyrimas ir vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

1. Įžanga	8
2. Literatūros apžvalga	9
2.1. Tekstilės medžiagų klijuotinių siūlių taikymo sritys ir savybės	9
2.2. Termoplastinių plėvelių panaudojimas aprangoje	14
2.3. Klijuotiniams sujungimams keliami kokybės reikalavimai	18
2.4. Įvairių veiksnių įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui	19
2.5. Apibendrinimas	22
3. Tyrimo metodologija	24
4. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas	30
4.1. Presavimo temperatūros ir trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui	30
4.2. Presavimo temperatūros įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui	34
4.3. Presavimo trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui	43
4.4. Išluoksniavimo greičio įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui	50
4.5. Poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui	53
Išvados	58
Literatūros sąrašas	59
PRIEDAI	63
1 Priedas. Matavimų duomenys ir statistinė analizė	63
2 Priedas. 16 – tos tarptautinės tekstilės konferencijos “AUTEX 2016” stendinis pranešimas	78
3 Priedas. Pranešimo “Influence of Technological Parameters on the Adhesion Strength of Adhesive Bonded Textile Seams” abstraktas	80

Mikalauskaitė, Gerda. Tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio tyrimas ir vertinimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Virginija Daukantienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Polimerų ir tekstilės technologija

Reikšminiai žodžiai: *klijuotinės siūlės, adhezija, išsluoksniavimo stipris, tekstilė, termoplastinė plėvelė, klijavimas.*

Kaunas, 2016. 82 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro projekte analizuojama įvairių veiksnių įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui. Atlikta literatūros analizė, kurioje apžvelgiami pagrindiniai tekstilės gaminių detalių jungimo būdai, išsryškinami jungimo siūlais trūkumai ir klijavimo technologijos pranašumai. Paaiškinama, kas tai yra klijuotinis tekstilės medžiagų sujungimas, kokios medžiagos tam yra naudojamos ir kaip jis suformuojamas. Išskiriami pagrindiniai reikalavimai, keliami klijuotiniam sujungimui bei kitų mokslininkų ištirta tam tikrų veiksnių įtaka klijuotinių sujungimų kokybei.

Šio darbo tikslas – ištirti įvairių parametru įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui. Tikslu įgyvendinimui sprendžiami šie uždaviniai: įvertinti presavimo temperatūros ir trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui, įvertinti presavimo temperatūros, trukmės, išsluoksniavimo greičio ir poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra įtaką megztinės medžiagos ir audinių klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui. Sekančiame etape parengta tyrimo metodologija, pagal kurią vykdomas tyrimas. Pagal sudarytą eksperimento planą atlikti tyrimai, kurių rezultatai parodė, kad presavimo temperatūra ir trukmė klijuotų sistemų storiui turi įtakos tik M1 megztinės medžiagos klijuotoms sistemoms. Esant per aukštai presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo stipris pradeda mažėti. Didėjant presavimo trukmei, klijai giliau įsiskverbia į medžiagą, tačiau tai ne visuomet padidina klijuotos sistemos išsluoksniavimo stiprį. Naudojant skirtingo storio termoplastines plėveles nustatyta, kad didesnis plėvelės storis taip pat ne visuomet nulemia didesnes išsluoksniavimo stiprio vertes. Kai kuriais atvejais pastebima priešinga tendencija. Klijuotų sistemų išsluoksniavimo greitis neturi įtakos išsluoksniavimo pobūdžiui, tačiau daro įtaką išsluoksniavimo stipriui. Didėjant tekstilės medžiagų klijuotų sistemų poveikio išorinės aplinkos aukšta temperatūra trukmei, jų išsluoksniavimo stipris mažėja. Atliktų tyrimų rezultatai apibendrinti išvadomis, kuriomis remiantis pasiūlyti optimalūs tekstilės medžiagų klijuotų sistemų suformavimo technologiniai parametrai.

Dalis tyrimo rezultatų buvo pristatyti 16 – oje tarptautinėje tekstilės konferencijoje “AUTEX 2016” panešime “Influence of Technological Parameters on the Adhesion Strength of Adhesive Bonded Textile Seams”.

Mikalauskaitė, Gerda. *Investigation and Evaluation of Textile Bonded Systems Delamination Strength: Master's thesis* / supervisor prof. dr. Virginija Daukantienė. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, Polymers and Textiles Technology

Key words: Adhesion strength, bonding, textile, technological parameters, thermoplastic film, bonded seam.

Kaunas, 2016. 82 p.

SUMMARY

In master's thesis various factors affecting adhesive bonded textile seam strength were analyzed. In literature analysis the main joining techniques of textile garment separate parts were overviewed, highlighting the disadvantages of joining with sewing thread technique and advantages of adhesive bonding technique. It was explained, what bonded seam is, what materials for these seams are used and how the bond between textile materials is formed. The main requirements for adhesive bonding were distinguished and an overview of other scientific works which investigated the influence of specific factors for textile bonded seam quality was made.

The goal of this work was to investigate the influence of different factors on the adhesion strength of adhesive bonded textile seams. Achieving the goal following tasks were given: firstly evaluate the pressing temperature and the pressing duration influence on the textiles bonded system thickness, evaluate the pressing temperature, time, delamination speed and the impact of high outside temperature influence on the knitted fabric and woven fabrics bonded systems delamination strength. In the next stage the methodology for the research was prepared under which the investigation was carried out. Obtained results with this delamination experimental method showed that pressing temperature and duration have a significant influence only on the M1 knitted fabric adhesive bonded textile system thickness. In addition, with high pressing temperature the strength of textile bonded seam begins to decrease. Increasing the duration of pressing, the adhesive material penetrates deeper into the fabric, yet it does not necessarily increase bonded system delamination strength. By using different thicknesses of thermoplastic films was determined, that the thicker film also not always tend to determine higher values of textile bonded seam strength. In some cases the opposite trend was noticed – adhesive bonded textile system delamination speed does not affect the delamination nature, yet has an effect on delamination strength. Increased duration of the impact of high ambient temperature, delamination strength decreases. The research results are summarized in the conclusions, under which were offered optimal technological parameters for textile bonded system formation.

Part of the test results were presented in 16 th World Textile Conference „AUTEX 2016“, „Influence of Technological Parameters on the Adhesion Strength of Adhesive Bonded Textile Seams”.

1. Įžanga

Siekiant pagerinti aprangos gaminių kokybę bei išplėsti asortimentą, svarbus vaidmuo tenka naujoms technologijoms. Optimalių aprangos gaminių technologijų parinkimas ar naujų sukūrimas sudaro sąlygas gerinti aprangos kokybę. Gamyboje visada siekiama kuo racionaliau panaudoti tekstilės medžiagas ir pasiekti, kad drabužio forma kuo geriau atitiktų žmogaus kūno formą. Todėl atskirų detalių jungimas į gaminį yra vienas iš svarbiausių procesų, lemiančių drabužio kokybę ir išvaizdą.

Siuvinių technologija yra kintanti. Tobulėja ne tik drabužių modeliavimas ir konstravimas, bet yra kuriamos ir naujos tekstilės medžiagos, diegiama nauja technika, mechanizuojami ir automatizuojami gamybos procesai. Vieni iš naujesnių aprangos gaminių jungimo būdų yra suvirinimas ir klijavimas. Klijavimas yra viena iš svarbesnių siuvimo pramonės vystymo krypčių.

Klijavimo metodas yra labiau taikomas aktyvaus laisvalaikio ir sporto aprangoje. Tokiam asortimentui keliami ir tam tikri reikalavimai siūlėms. Siūlės turi būti kokybiškos, atsparios išoriniams veiksniams ir pakankamo stiprumo. Todėl yra aktualu nustatyti ir skaitines klijuotinio sujungimo stiprumo vertes, bei išsiaiškinti kokią įtaką klijuotinio sujungimo stiprumui turi technologiniai parametrai.

Šio darbo tikslas yra ištirti įvairių parametru įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui pagal išsikeltus uždavinius: įvertinti presavimo temperatūros ir trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui, įvertinti presavimo temperatūros, trukmės, išsluoksniavimo greičio ir išlaikymo krosnelėje trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.

2. Literatūros apžvalga

2.1. Tekstilės medžiagų klijuotinių siūlių taikymo sritys ir savybės

Norint gaminti kokybiškus tekstilės gaminius būtina gerai žinoti ne tik medžiagų sandarą ir savybes, bet ir tinkamai parinkti siūlės tipą bei aprangos gaminių detalių jungimo būdą. Vertinant siūlės kokybę būtina atsižvelgti į tokias savybes ir kriterijus kaip stiprumas, lankstumas, tamprumas, išvaizda, komfortas ir laidumas. Netinkamai parinktas siūlės tipas ar jungimo būdas gali neigiamai paveikti visą gaminio surinkimo procesą ir galutinio gaminio kokybę.

Yra išskiriami trys pagrindiniai aprangos gaminių detalių jungimo būdai [1 - 3]:

- Siuvimas (*ang. Sewing*) – technologinis procesas, kai rankine ar mašinine adata praduriamos ir siūlais sujungiamos medžiagos [4].
- Suvirinimas (*ang. Welding*) – aprangos gaminių detalių iš sintetinių ir dirbtinių medžiagų sujungimas kaitinant ir plastiškai deformuojant, kai suvirinimo siūlės vietoje kontaktiniame sluoksnyje susidaro tarpatominiai ir tarpmolekuliai ryšiai [4].
- Klijavimas (*ang. Bonding*) - aprangos gaminių detalių jungimo būdas kai atsiranda ryšys tarp klijuojamų paviršių dėl klijų sluoksnio adhezijos.

Siuvimas yra labiausiai paplitęs ir įprastas aprangos gaminių detalių jungimo būdas. Tokios siūlės gali būti naudojamos drabužiuose, kurie yra pagaminti iš akytos medžiagos. Jeigu drabužiai yra gaminami iš vienalytės medžiagos, kurios yra nelaidžios vandeniui, atsparios ugniai ar cheminėms medžiagoms, tada pradūrimas adata gali pažeisti medžiagos vientisumą ir pabloginti drabužio funkcinės savybes. Pavyzdžiui vandeniui nelaidus drabužis siūlės zonoje praduriamas adata ir todėl praleis vandenį. Dėl tos pačios priežasties galėtų sumažėti ir nelaidžių dulkėms ar cheminėms medžiagoms atsparių drabužių funkcionalumas. Tokiu atveju, siūlės turėtų būti papildomai sandarinamos specialiomis juostelėmis arba turėtų būti taikoma visai kita aprangos gaminių detalių jungimo technologija, pvz., suvirinimas ar klijavimas, kuri užtikrina visišką siūlės hermetiškumą.

Tradicinis siuvimas turi tokius pagrindinius trūkumus:

1. Siuvimo siūlas laikui bėgant dyla ir nusidėvi, jo kokybė blogėja.
2. Jungiant siuvimo siūlais, drabužių medžiagose, ypač megztinėse, adata padaromi maži defektai – skylutės.
3. Perdirbamumas.
4. Siūlinis detalių sujungimas nulemia didelius gamybos kaštus.

Medžiagos detalių suvirinimo metu yra kontroliuojami trys technologiniai parametrai: temperatūra, greitis ir slėgis. Jungimui nėra naudojami nei klijai, nei cheminės jungiamosios

medžiagos, nei adatos, siūlai ar kitos papildomos priemonės. Suvirinimo technologija yra taikoma 100% sintetinėms medžiagoms, tokioms kaip nailonas, poliesteris, polipropilenas, polietilenas ir kitoms bei sintetinėms medžiagoms, kuriose yra ne daugiau kaip 35 - 50% ne sintetinio pluošto. Tekstilės medžiagos, kurių paviršius padengtas specialia, išvaizdą ir savybes keičiančia termoplastine danga, tokia kaip polovinilchloridas (PVC), poliuretanais (PU), polietilenais (PE) ar polipropilenais (PP) yra naudojamos šiluminiam sandarinimui (*ang. Heat sealing*). Tai daroma, kai produktas turi turėti specialias funkcinės savybes, tokias kaip nelaidumas vandeniui, atsparumas trinčiams, siūlų irimui ar ugniai.

Medžiagų iš sintetinio pluošto naudojimas siuvimo pramonėje leido drabužių detales jungti lydant ar klijuojant [5]. Literatūroje pateikiama vis daugiau alternatyvių jungimo būdų. Šie alternatyvūs metodai apima: terminį klijavimą, adhezyvinį klijavimą ir ultragarsinį susiuvimą (*ang. thermal bonding, adhesive bonding, or ultrasonic seaming.*) [1]. Siūlių suvirinimas ultragarso pagalba [6], klijavimas [7] ir laminavimas yra gana plačiai taikomi aprangos elementų sujungimo metodai.

Per pastaruosius dešimtmečius klijavimo technologija buvo plačiai išvystyta ir pritaikyta, siekiant pagerinti drabužių išvaizdą ir funkcionalumą. Klijuotinis sujungimas naudojamas dviejų tekstilės medžiagų sluoksnių jungimui. Drabužių detalės klijuojamos panaudojus termoplastinę plėvelę, kuri yra dedama tarp klijuojamų detalių kraštų. Termoplastinės klijų plėvelės kaitinamos suminkštėja ir pereina iš kieto būvio į klampiatakį būvį. Tampa lipnios, prasiskverbia į tekstilės medžiagą, o atšalę sudaro stiprią siūlą tarp jungiamų detalių. Tokiu būdu galima jungti ne tik atskiras drabužių detales, bet ir įvairius aprangos elementus, tokius kaip užtrauktukai, uždėtinės kišenės, dekoratyvinės juostelės ar aplikacijos [6, 8, 9].

Klijuotinių siūlių pranašumai [9 – 12]:

1. Naudojant klijuotinius sujungimus galima atsisakyti kai kurių siuvimo operacijų, pvz., apsiuvų, palankų, užtrauktukų, kišenių ir lopų siuvimo.
2. Dėka klijuotinių sujungimų dizaineriai gali tobulinti drabužių technologiją ir konstrukciją. Atsiveria naujos „besiūlio“ dizaino galimybės.
3. Klijuotinės siūlės gali būti nelaidžios vandeniui ir kitiems skysčiams, cheminėms medžiagoms bei dulkėms.
4. Klijuotiniai drabužiai sveria net iki 15 % mažiau negu siūtiniai.
5. Klijuotinė siūlė yra stipresnė negu tradicinė siūtinė siūlė.
6. Sumažėja gaminio mazgo storis, nes detalės neturi užlaidų siūlėms. Siūlės yra plokštesnės, plonesnės ir tiesiogiai liečiantis su oda, siūlės vietoje yra mažiau dirginama.

7. Galima sudaryti įvairias formas, kas yra labai svarbu siuvant bei suteikia sklandžią ir vientisą išvaizdą.
8. Pagerina išvaizdą ir eksploatacines drabužio savybes, teikia pridėtinę vertę, vertinat formas, komforto ir funkcionalumo požiūriais.
9. Reikia mažiau drabužio konstrukcijų elementų.
10. Nereikia parinkti atitinkamos siūlų spalvos.

Pagrindinė klijų funkcija yra sujungti skirtingas detales kartu perduodant ir paskirstant apkrovas ir įtempius tolygiau tarp komponentų klijuotinėje sistemoje [13]. Tinkamo adhezyvo parinkimas gali lemti ne tik klijuotinių sistemų stiprumą, bet ir mažesnes sąnaudas lyginant su kitais jungimo būdais [14].

Tekstilės pramonėje naudojami klijai gali būti klasifikuojami į tris pagrindines grupes: pagal cheminę sudėtį, fizinę formą ir stiklėjimo pobūdį. Klijai gali būti tokios fizinės formos: 1) klijų milteliai, 2) klijiniai siūlai, 3) tinkleliai, 4) klijiniai voratinkliai, 5) klijų plėvelės. Termoplastinės adhezinių plėvelių juostelės gali būti įvairaus pločio, gali būti pritaikytos krašto apdirbimui, todėl gaunamas sklandus krašto kontūras, kuris pagerina išvaizdą ir komfortą. Termoplastinės plėvelės skiriasi storiu, sandara. Jos gali būti juostelės formos arba kerpamos lazeriu pagal reikiamos formos lekalus [10].

Klijuotinio sujungimo siūlėms skirta termoplastinė plėvelė dažniausiai gaminama su pagalbinio silikoninio popieriaus sluoksniu, kuris klijavimo metu pašalinamas. Klijuojama karšto oro srove arba įkaitintais paviršiais, pvz. presais. Kadangi klijuojamų termoplastine plėvele detalių kraštai lieka atviri, detalės kerpamos lazeriu ar ultragarsu. Apdorojami kraštai šiek tiek apsilydo ir neyra [5].

Bemis Associates Inc., *Framis Italia* ir *Adhesive Films, Inc. (A.F.I.)* yra vieni iš žinomesnių termoplastinių plėvelių gamintojai. Klijuotinės siūlės buvo sukurtos „BEMIS“ kompanijos tekstilės pramonei ir yra naudojamos jau 25 metus. Sewfree® adhezyvai sportinėje aprangoje ir apatiniuose drabužiuose yra naudojami jau 10 metų [15, 16]. *Bemis Associates Inc.* yra viena pagrindinių termoplastinių plėvelių ir juostelių gamintojų [17]. Aprangos pramonėje plačiausiai naudojamos šios firmos termoplastinės klijų plėvelės. Įmonė gamina termoplastines plėveles, kurios yra draugiškos aplinkai ir be tirpiklių. „Bemis“ firma gali pasiūlyti termoplastines plėveles iš penkių rūšių polimerų: poliuretano, poliamido, poliesterio, poliolefino ir vinilo. Bemis Sewfree® yra registruotas prekinis ženklas poliuretaninių termoplastinių plėvelių, kurios skirtos tekstilės medžiagoms. Kiekvienai savo gaminamai klijų plėvelei gamintojai pateikia ir informaciją apie rekomenduojamus režimus (temperatūros, slėgio, laiko) [16].

NoSo® ir Framilon® yra Framis Italia įmonės prekiniai ženklai pristatantys aukštos kokybės poliuretines plėveles, skirtas aprangos pramonei. t.y. siuvimui ir klijavimui. NoSo® prekinis ženklas apima ne tik klijų plėveles, bet ir įrengimus. Framilon® prekės ženklo plėvelės skirtos siuvimui, o NoSo® - klijavimui. NoSo® prekinis ženklas siūlo inovatyvius ir aukštos kokybės produktus: etiketes, dekoratyvius elementus, juosteles ir t.t. Framis Italia vienintelė kompanija, siūlanti tiek termoplastines plėveles, tiek įrangą, skirtą joms taikyti [18].

Adhesive Films, Inc. (A.F.I.) gaminama produkcija naudojama klijuoti tekstilės medžiagas, poroloną, foliją, plastikines plėveles, medžio, metalo ar plastiko gaminius. Gamina klijų plėveles su pagalbiniu sluoksniu arba be jo. Įmonė siūlo įvairias termoplastines plėveles ir juosteles: poliamidinės, poliesterinės, poliolefininės ir poliuretalinės cheminės sudėties [19].

Termoplastinės plėvelės dažniausiai gaminamos iš poliesterio, poliamido ar poliuretano. Poliesterinės plėvelės yra atsparios mechaniniam poveikiui ir cheminio valymo reagentams. Poliamidinės plėvelės pasižymi padidintu stiprumu tempiant, dideliu elastingumu ir maža trintimi. Poliuretano plėvelės yra labai elastingos, todėl skirtos tamprių ir tampių medžiagų suklijavimui [10].

Medžiagų suklijavimo procesas apibūdinamas trimis pagrindiniais veiksniais: adhezija, kohezija ir autohezija [20].

Adhezyvas – klijuojanti medžiaga – tai gamtinės ar sintetinės kilmės medžiaga, kuri dėl savo lipnumo gali sujungti odos, gumos, tekstilės ir pan. medžiagų detales, kai susidaro klijų plėvelės adhezinis ryšys su suklijuojamų medžiagų paviršiais [4]. Turi būti vykdomas tam tikras procesas, norint sujungti medžiagas kartu, t.y., jas suklijuoti. Adhezija / sukibimas yra paviršinis reiškinys, kuris „sukabina“ dvi skirtingas ar vienodas medžiagas kartu dėl tarpmolekulinės sąveikos jėgų, cheminių jungčių, elektrostatinės traukos ar kitų priežasčių, ir kuriame nustatomos mechaninės savybės paviršinėje klijuotos sistemos zonoje. Atsižvelgiant į klijuotinio sujungimo formavimą, adhezyvas, kurio elgsena yra kaip skysčio, persiskverbia ir užpildo medžiagos paviršiaus tarpus bei ertmes. Po atvėsimo ir kietėjimo proceso, klijai sustingsta ir tokiu būdu gali būti suformuojamas tvirtas ryšys tarp paviršių. Kiti veiksniai, tokie kaip sanklijos – klijuotinio sujungimo – sudarymo technologiniai parametrai, klijų ir klijinio suderinamumas ir pan. taip pat turi įtakos klijuotinių sistemų stiprumui ir ilgaamžiškumui.

Adhezija, arba kitaip dar vadinama priekiba, yra molekulinis ryšys tarp kontaktuojančių skirtingos prigimties paviršių. Tai susiliečiančių paviršių sukibimas tarp dviejų skirtingų kietųjų kūnų, kietojo kūno ir skysčio ar nesimaišančių skysčių. Kohezija, arba sankiba, yra ryšys tarp tos pačios prigimties medžiagos smulkesnių struktūrinių elementų (atomų, molekulių, jonų). Sukibimas atsiranda vienalytės medžiagos viduje tarp elementų dėl molekulių sąveikos ir cheminio

ryšio jėgų. Autohezija, arba savikiba, yra ryšys tarp dviejų kontaktuojančių tos pačios medžiagos paviršių molekulių. Vienarūšių medžiagų, kurios kontaktuoja tarpusavyje, savaiminė sankiba [4, 20].

Klijavimo procese vykstantys reiškiniai yra labai specifiški ir įvairūs, todėl sunku sukurti vientisą klijavimo teoriją. Tarp klijuojančios (adhezyvo) ir klijuojamos (substrato) medžiagų vykstančius reiškinius aiškina tarpmolekulinių jėgų poveikis. Pagrindinis vaidmuo klijavimo procesuose tenka dviem faktoriams: suvilgymui ir klijų bei klijuojamos medžiagos poliarumui. Pagal absorbcinę adhezijos teoriją, adhezija yra pakopinis procesas, kur pirmoje pakopoje vyksta adhezyvo molekulių migracija prie substrato paviršiaus. Antroje pakopoje jau vyksta sorbcija, kur tarp adhezyvo ir substrato molekulių pasireiškia molekulinės jėgos, dėl to susidaro įvairūs ryšiai [20].

Kiekviena klijuojanti medžiaga klijavimo procese turi pereiti į skystą fazę ar bent klampiatakį būvį ir suvilgyti substrato paviršių.

Remiantis difuzine adhezijos teorija, stambiamolekulinių medžiagų adhezija ir autohezija yra susijusios su grandininių molekulių ar jų dalių difuzija ir dėl to susidaro stiprus ryšys tarp adhezyvo bei substrato. Adhezija nuo autohezijos skiriasi tuo, kad esant adhezijai, vyksta dviejų skirtingų polimerų makromolekulių difuzija, o esant autohezijai – vienodų polimerų molekulių difuzija. Vykstant difuzijai, nyksta ryški riba tarp paviršių ir susidaro tarpinis sluoksnis, į kurį patenka klijų ir klijuojamos medžiagos molekulės. Kontaktas tarp klijų ir klijuojamos medžiagos susidaro ne staiga, bet po tam tikro laiko, priklausomai nuo klijų reologinių savybių tam tikroje temperatūroje. Šie reologiniai procesai yra ne kas kita, kaip klijuojamos medžiagos paviršiaus suvilgymas klijais. Suvilgymo intensyvumą galima reguliuoti keičiant proceso sąlygas ar klijų sudėtį [20].

Klijuojamų medžiagų ir sukietėjusių klijų tarpusavio poveikį galima nagrinėti kaip mechaninio tvirtinimo efektą, kaip paviršinį ir elektrostatinį tarpusavio veikimą, difuzinį prasiskverbimą ir cheminį sujungimą. Priklausomai nuo klijuojamų medžiagų savybių ir cheminės prigimties bei proceso sąlygų, dominuos vienas kuris iš išvardytų veiksnių.

Suklijuojant poringas medžiagas, kurioms priklauso tekstilės medžiagos, didelę reikšmę turi mechaninis sukibimas. Klijuojant klijai patenka į medžiagos poras, sukietėja ir tvirtai jose laikosi. Pagal mechaninės adhezijos teoriją, suklijavimo stiprumas priklauso nuo dviejų pagrindinių veiksnių: medžiagos šiurkštumo ir klijų kohezinių savybių. Tačiau ši teorija nepaiškina lygių paviršių suklijavimo [20].

Kad būtų užtikrintas tvirtas ryšys tarp klijuojamų medžiagos sluoksnių, turi būti tinkamai parinktos klijavimo sąlygos: slėgis, temperatūra ir laikas [11, 21, 22].

- **Temperatūros** kontrolė yra labai svarbi, siekiant užtikrinti gerą klijų sugertį ir prisiskverbimą į medžiagą ir, dar svarbiau, kad būtų kuo mažiau pažeista tekstilės medžiagų struktūra veikiant aukštai temperatūrai.
- **Slėgis** svarbus tuo, kad būtų tolygiai paskirstytas klijų sluoksnis po visą plotą.
- **Laikas** reikalingas tam, kad klijai išsilydytų ir įsiskverbtų į medžiagą veikiant karščiui ir slėgiui. Laikas ir temperatūra priklauso nuo vienas kito, t.y. šie parametrai turi būti parinkti taip, kad užtikrintų tinkamą siūlės stiprumą nepažeidžiant medžiagos, kuri yra klijuojama.

2.2. Termoplastinių plėvelių panaudojimas aprangoje

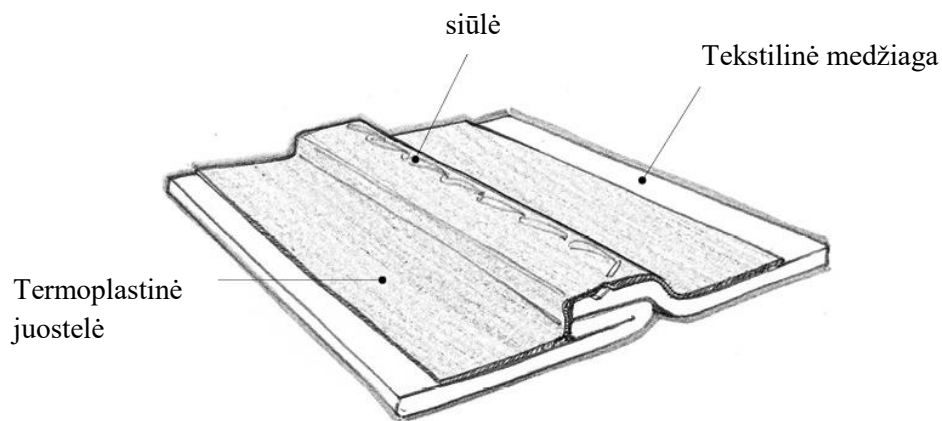
Anizotropinių medžiagų, tarp jų tekstilės medžiagų, suklijavimas yra fizinis-cheminis procesas. Siuvimo pramonėje medžiagos dažniausiai suklijuojamos išlydytu termoplastiniu polimeru [20].

Aprangos pramonėje klijų naudojimas atskirų detalių jungimui yra gana nauja technologija. Vis dažniau aprangos pramonėje siūlinius sujungimo būdus pakeičia klijuotiniai, kai technologinio proceso metu detalių jungimui naudojamos termoplastinės plėvelės. Šis klijavimo metodas vadinamas „Sewfree“ arba „besiūle“ technologija. Naudojant šią technologiją gaminys įgauna besiūlę išvaizdą, o gaminio masė yra apie 15 % mažesnė nei naudojant įprastą siūlinio sujungimo technologiją. Naudojant „besiūlę“ technologiją gali būti suklijuojamos įvairios sandaros ir sudėties tekstilės medžiagos, pvz. poliesterio, poliamido, poliuretano, medvilnės ir kt. tekstilės medžiagos [5, 23, 24]. Sanklijų gavimui naudojamos minkštos, labai elastingos, įvairios sudėties (poliamidas, poliesteris, poliuretanai) termoplastinės klijų plėvelės [25]. Termoplastinės medžiagos gali būti jau ant medžiagos paviršiaus arba gali būti pavienės įvairių plėvelių, juostelių, tinklelių ar netgi dengtų siūlų pavidalu, kurie gali būti sluoksniuojami tarp atskirų nedengtų medžiagų sluoksnių. Klijai yra plačiai naudojami tekstilės pramonėje: atskirų medžiagos sluoksnių klijuotiniam sujungimui, pluoštų sujungimui kartu [7, 26, 27], apsauginiams sluoksniams (dengtoms medžiagoms [28, 29], kiliminėms dangoms [30, 31], dekoratyvinei apdailai [32]). Klijų plėvelės gali būti įvairaus storio, cheminės sudėties, o po klijavimo gali įgyti ir skirtingų mechaninių savybių [14].

Termoplastinė plėvelė aprangos pramonėje yra naudojama įvairiems tikslams [10]:

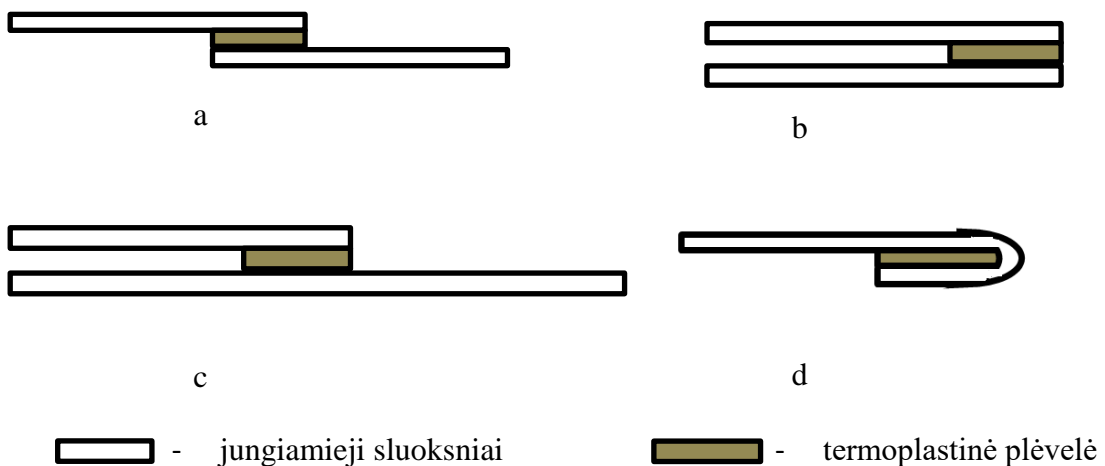
- **Kaip pagalbinė priemonė, palengvinant siuvimo operacijos atlikimą.** Pavyzdžiui, termoplastinė plėvelė gali būti naudojama uždėtinės kišenės padėties ant pagalbinės detalės fiksavimui siuvimo metu, kontrastinės spalvos medžiagos įterpimui į klostę.

- **Kaip papildoma priemonė siūtinių siūlių hermetizavimui apsauginiuose drabužiuose.** Hermetizavimas reikalingas siuvant orui, vandeniui ir lakioms cheminėms medžiagoms nelaidžius drabužius. Įprastu būdu susiūtos siūlės hermetizuojamos termoplastinėmis juostelėmis iš polivinilchlorido, poliuretano ar poliolefino. Hermetizuotos termoplastinės plėvelės schema pavaizduota 2.2.1 paveiklėlyje.



2.2.1 pav. Hermetizuotos termoplastine plėvele siūlės schema [33]

- **Panaudojimas drabužio detalių jungimui tarpusavyje.** Paprastai naudojama 1 cm pločio klijuota siūlė. Taikant klijavimo termoplastinėmis plėvelėmis technologiją galima klijuoti įvairios konstrukcijos siūles. Pačios populiariausios siūlės pateiktos 2.2.2 paveiksle.



2.2.2 pav. Siūlių schemas, taikant klijavimo technologiją; a – užkeistinė siūlė, b, c – uždėtinės siūlės, d – palenkimo siūlė.

- **Jungiant užtrauktukus prie detalės.** Mazgo su užtrauktuku estetinio vaizdo pagerinimui (2.2.3 pav.).



2.2.3 pav. Termoplastine plėvele priklijuoti užtrauktukai [34]

- **Dekoratyvių elementų priklijavimui.** Pavyzdžiui, norimoje vietoje lazeriu išpjaunamos įvairios formos kiaurymės, kurios iš blogosios pusės gali būti pridengiamos kontrastingos spalvos medžiagos gabalu, priklijuojant jį termoplastine plėvele. Taip pat gali būti iškerpami įvairių formų dekoratyviniai elementai ir priklijuojami ant pagrindinės detalės norimoje vietoje.
- **Sudėtingesnių kišenių surinkimui.** Klijavimo termoplastine plėvele technologija suteikia galimybę gamintojams kurti drabužius su įvairių formų uždėtinėmis kišenėmis ir išgauti sudėtingiausias formas (2.2.4 pav.). Taip pat labai svarbu, kad klijuojant nebelieka siūlių užlaidų, todėl sudėtingesni mazgai klijuojant yra daug plonesni nei siuvant.



2.2.4 pav. Priklijuotos uždėtinės kišenės su užtrauktuku vaizdai [35, 36]

- **Panaudojimas drabužio taisymui.** Išplyšusios drabužio vietos hermetizavimas termoplastine plėvele.

Termoplastinės plėvelės panaudojimas aprangos pramonėje vis populiarėja. Tai ypač pastebima sportinių, poilsio, specialios paskirties drabužių gamyboje. Taikant klijavimo termoplastine plėvele technologiją jungiamos detalės, priklijuojami užtrauktukai, kišenės, lazeriu išpjaunamos įvairios formos, kurios iš blogosios pusės uždengiamos kontrastingos spalvos medžiagos gabalu, klijuojamos įvairios dekoratyvinės detalės. Klijavimas taikomas ne tik pagrindinėms operacijoms, bet ir pagalbinėms, ypač kai norima tikslumo.

Pastaruoju metu, klijų plėvelės naudojimas sportinės aprangos (2.2.6 pav.) ir apatinių drabužių (2.2.5 pav.) gamyboje tampa vis populiarešnis. Klijų plėvelės yra lanksčios, todėl pati klijavimo operacija gali būti vientisa ir nepertraukiama įvairiose drabužių konstrukcijos vietose. Tai viena iš priežasčių, dėl ko tradicinis siuvimo būdas gali būti pakeistas nauja „besiūle“ („Sewfree“) technologija. Vienas iš patraukliausių „besiūlės“ klijavimo technologijos pranašumų yra tai, kad siūlė gali būti plonesnė, minkštesnė ir plastiškesnė negu įprasta siūlė.



2.2.5 pav. „Sewfree“ technologija apatiniuose drabužiuose [37, 38]



2.2.6 pav. „Sewfree“ technologija vandeniui atsparioje striukėje [39]

Galima sakyti, kad mados ir tekstilės pramonėje, maudymosi kostiumėliai buvo pirmoji drabužių kategorija, kurioje buvo adaptuota klijavimo technologija, labiausiai – dėl gebėjimo nepraleisti vandens ir mažesnės gaminio masės. Naudojant klijų plėvelę maudymosi kostiumėlių gamyboje, siūlės konstrukcija yra lygesnė, o plaukimo metu patiriama mažesnė trintis su vandens tėkme.

Pastaraisiais metais „besiūlės“ gamybos technologija buvo plačiai adaptuota apatinių ir sporto drabužių pramonėje. Klijų plėvelės naudojimas lengvai pritaikomas siuvimo ir laminavimo procesuose. Su atsirandančiomis vis naujomis rinkomis ir augančia paklausa tiek funkciniais, tiek estetiškai atrodantiems „fashion“ drabužiams, „besiūlė“ technologija laikui bėgant gali pakeisti tradicinę siūlinio sujungimo technologiją [40].

Sportinė apranga dabar yra kuriama labiau atsižvelgiant į funkcinius reikalavimus, keliamus sporto drabužiams, o ne vyraujančias mados tendencijas, siekiant patenkinti atitinkamus klientų poreikius: komfortą, tinkamumą, drėgmės balansą, oro pralaidumą ir pan. [41]. Su unikaliais privalumais klijuotinių siūlių technologija aktyviai skverbiasi į sportinės aprangos pramonę, pvz., laisvalaikio drabužiai, maudymosi kostiumėliai, buriavimo apranga ir t. t.

Klijų plėvelės atlieka svarbų vaidmenį ir vandeniui nelaidžių drabužių gamyboje, labai svarbios yra atsparios vandeniui siūlės, ypač tokiose gaminiuose kaip maudymosi kostiumėliai, nardymo kostiumai, slidininko kelnės ir kt. Specialios paskirties aprangos gamyboje plačiai naudojami įvairios sandaros tekstiliniai laminatai, todėl gaminant tokius gaminius, tam tikrais atvejais yra tikslinga siūlines siūles pakeisti klijuotinėmis. Vienasluoksnių ir daugiasluoksnių medžiagų elgsena technologinio proceso metu nėra vienoda. Todėl skirtingoms medžiagoms reikia pritaikyti atitinkamus technologinius termoplastinių klijų plėvelių naudojimo režimus [23].

2.3. Klijuotiniams sujungimams keliami kokybės reikalavimai

Klijuotinių siūlių technologijoje yra daugybė kintamųjų, kurie turi įtakos klijuotinio sujungimo išsluoksniavimo stipriui, kokybei ir ilgaamžiškumui. Tinkamai parinkti elastomeriniai adhezyvai gali turėti geresnes deformacines ir funkcines savybes po pakartotinio skalbimo ir dėvėjimo. Klijuotiniams sujungimams yra keliami visi kokybės reikalavimai: pakankamas sanklijos stiprumas, atsparumas skalbimui ir valymui, atsparumas dėmėms ir spalvai, pakankamas oro pralaidumas, greiti parametru nustatymai [21].

Klijuotų su termoplastine plėvele siūlių kokybę įvertinama tokiais pagrindiniais rodikliais: išsluoksniavimo stipris ir medžiagos struktūros pokytis po temperatūros ir slėgio poveikio [5]. Tinkamai parinktas adhezyvas, siūlės tipas, naudojamos medžiagos paviršiaus apdirbimas ir

tinkamai parinktos klijavimo sąlygos yra pagrindiniai veiksniai, į kuriuos reikia atsižvelgti norint gauti stiprų ir kokybišką klijuotinį sujungimą.

Klijuotinio sujungimo stiprumas tarp substrato ir klijų priklauso ir nuo jų paviršiaus lygumo. Jeigu substrato paviršius yra nelygus, klijai patenka į nelygumus taip sudarydami nevienodą sankliją ir sukietėjimus tose vietose kur yra nelygumų.

Klijuotų su termoplastine plėvele siūlių kokybei didžiausią įtaką turi jos sanklijos stiprumas ir standumas [5, 10]. Šios dvi charakteristikos priklauso nuo klijuojamų sluoksnių ir termoplastinės plėvelės savybių, bei naudojamų klijavimo režimų [10, 11]. Pageidautina, kad klijuotinės siūlės būtų pakankamo stiprumo, tačiau nedidelio standumo. Šių charakteristikų normos priklauso nuo termoplastinės plėvelės panaudojimo srities, todėl parenkant aprangos elementams tam tikrą klijavimo plėvele būdą, būtina nustatyti siūlės sanklijos stiprumo ir standumo skaitines vertes [10]. Taip pat svarbūs veiksniai yra atsparumas skalbimui ir cheminiam valymui, klijavimo metu neturi pakisti medžiagos spalva bei atsirasti dėmių, neturi būti pažeista medžiagos struktūra ir t.t. [10, 26, 42].

Klijuotiniai sujungimai būna silpni tik tada, kai susidaro silpni adheziniai ryšiai arba tų ryšių yra per mažai, kadangi visiškai klijų sąlyčiui su medžiagos paviršiumi atsirasti trukdo silpni ribiniai sluoksniai, susidarę ant medžiagos paviršiaus. Nepašalinus tų sluoksnių, plėvelės ir medžiagos klijuotiniame sujungime atsiranda silpna grandis, o suirimas vyksta per tarpfazinę ribą [5, 43].

Klijinių sujungimų sanklijos stiprumas pirmiausia priklauso nuo adhezinių jėgų tarp jungiamų paviršių ir kohezinių jėgų vienos rūšies medžiagų, šiuo atveju klijuose. Klijuotiniuose sujungimuose adhezija tarp klijų ir klijuojamos medžiagos turi būti didesnė negu klijų kohezija. Klijai pirmiausia turi būti gerai sujungti su klijuojamos medžiagos paviršiumi dar prieš prasiskverbiant jiems į tekstilės medžiagos struktūrą, nes priešingu atveju medžiagos paviršiuje jų liks per mažai [20].

2.4. Įvairių veiksnių įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui

Iš esmės, įprastos siūtinės siūlės stiprumas priklauso nuo keturių pagrindinių veiksnių: audinio struktūros ir savybių, siūlės tipo, adatos ir siuvimo siūlo rūšies. Tuo tarpu, siekiant suformuoti klijuotinę siūlę, turi būti tinkamai parinkti kitokie parametrai: temperatūra, slėgis ir laikas. Parenkant tinkamus parametrus susiduriama su keblumais, nes skiriasi pasirinktų medžiagų struktūra, jų apdaila ir paviršiaus savybės. Termoplastinės plėvelės lydymosi temperatūra turėtų būti ne per aukšta, nes ji turi įtakos medžiagos matmenų stabilumui, spalvai ir medžiagos paviršiui. Tačiau per žema temperatūra gali įtakoti nepakankamą klijuotinio sujungimo stiprumą [11, 12, 21,].

Siūlės stiprumui yra labai svarbu ne tik naudojamo audinio tipas ir sudėtis, bet ir naudojama siuvimo technologija. Nors siūtinių siūlių stiprumas nėra mažas ir yra pakankamas drabužiams, klijuotinių siūlių stiprumo vertės yra didesnės, todėl tokio tipo klijuotiniai sujungimai gali būti rekomenduojama kaip viena iš tinkamiausių detalių jungimo technologijų gaminant sportinius drabužius [12].

Nustatyta, kad medžiagos, turinčios šiurkštų ir poringą paviršių, susiklijuoja geriau [20].

Didelę įtaką turi klijų klampumas. Kuo klampesni klėjai, tuo mažiau jų patenka į medžiagos poras, tuo mažesnis ir adhezinės tarpusavio sąveikos plotas. Priešingu atveju, t.y. jei klėjai per mažai klampūs, daug jų gali patekti į audinių struktūrą ir net pereiti į gerąją medžiagos pusę, todėl sumažėja suklijavimo stiprumas [20].

Kylant temperatūrai, klėjinių sujungimų sanklijos stiprumas išsluoksniuojant didėja. Tai paaiškinama tuo, kad kylant temperatūrai, klijų klampumas mažėja, o paslankumas didėja, dėl to daugiau jų prasiskvebia į klijuojamų medžiagų struktūrą, o kartu padidėja klijų kontakto su tekstilės medžiagomis faktinis plotas. Yra nustatyta, kad teigiami rezultatai gaunami tik tuo atveju, kai ne daugiau kaip $2/3$ klijų prasiskverbia į tekstilės medžiagos struktūrą, o likusi dalis sudaro klėjinių sluoksnį tarp klijuojamų medžiagų [20].

Esant per žemai presavimo temperatūrai, klėjai nepereina į klampiatakį būvį, arba pereina tik jų dalis, tada klėjinių sujungimų sanklijos stiprumas yra nedidelis [20].

Jei, didėjant slėgiui ar presavimo laikui, kiti parametrai yra pastovūs, klėjinių sujungimų stiprumas išsluoksniuojant taip pat didėja dėl panašaus šių parametrų poveikio klėjavimo procesui [20].

Vertinant klijų dangos charakteristikų įtaką klijuotinių sujungimų stiprumui nustatyta, kad sanklijos stiprumas yra didžiausias tada, kai klijų danga yra ištisinė, t.y. esminę įtaką šiuo atveju turi klijų kiekis siūlėje [20].

Parentant optimalius klėjavimo parametrus, labai svarbu įvertinti naudojamų tekstilės medžiagų paviršiaus struktūrą, o ypač paviršinių tankių. Nustatyta, kad didėjant tekstilės medžiagos paviršiaus užpildymo koeficientui nuo 50 iki 60 %, klėjinių sujungimų sanklijos stiprumas didėja, o toliau didinant paviršiaus užpildymo koeficientą (nuo 60 iki 80 %), klėjinių sujungimų sanklijos stiprumas ima mažėti [20].

Ž. Jakubčionienė ir V. Masteikaitė tyrė tekstilės medžiagų klijuotinių siūlių stiprumą [11]. Šiuo tyrimu patvirtinta, kad klijuotinių siūlių stiprumas didėja, didėjant klėjavimo temperatūrai. Tačiau didėjant laikui, klijuotinės siūlės stiprumas mažėja. Tokia situacija susidaro todėl, kad esant per žemai temperatūrai plėvelės klėjai nepakankamai susigeria į apatinį sluoksnį, o esant per aukšai temperatūrai – susigeria per daug. Palyginus visų tirtų medžiagų klijuotinių siūlių stiprumą,

teigiama, kad didžiausios stiprumo vertės gaunamos, kai presavimo temperatūra yra 180 °C, o laikas 10 sekundžių. Tekstilės medžiagų sanklijos kokybė priklauso nuo tinkamų parametru parinkimo atsižvelgiant į dvi klijavimo stadijas: klijų plėvelės pernašos ir atskirų sluoksnių susiklijavimo. Optimalūs parametrai klijų plėvelės pradiniam fiksavimui yra 160 °C ir 10 s, atskirų sluoksnių susiklijavimui – 180 °C ir 30 s. Tirtų tekstilės medžiagų sanklijos stiprumas priklauso nuo medžiagos struktūros, paviršiaus savybių ir naudotos apdailos.

Yra žinoma, kad tekstilės medžiagos paviršiaus struktūra turi didelę įtaką adhezijai. Lygus paviršius garantuoja daugeliu atveju geresnį klijų sukibimą, negu nelygus paviršius. Klijuotinės siūlės stiprumas taip pat priklauso ir nuo klijuojamo paviršiaus ploto tarp adhezivo (termoplastinės plėvelės) ir substrato (tekstilės medžiagos). Ž. Jakubčionienė, V. Masteikaitė, T. Kleveckas ir kt. [21] tirdami klijuotinių siūlių stiprumą nustatė, kad jis priklauso nuo medžiagos paviršiaus, todėl būtina atsižvelgti į tekstilės medžiagos paviršiaus charakteristikas. Visiems bandiniams buvo naudojamos vienodos klijavimo sąlygos, 180°C temperatūra ir 30 sekundžių presavimo laikas, bei keturi skirtingi klijuotinės siūlės tipai. Buvo siekiama išsiaiškinti tinkamiausią darbo zoną klijuotinės siūlės stiprumui analizuoti tiek megztinei medžiagai, tiek audiniams. Tinkamiausia darbo zona klijuotinių siūlių stiprumui nustatyti yra 20 mm pločio klijuojama dalis, kuri nuo abiejų kraštų nutolusi 70 mm todėl, kad bandinio plotis kinta mažiausiai [44].

S. Poderskis ir A. Gulbinienė [23] tyrė klijavimo technologinių parametru bei drėgmės įtaką tekstilinių laminatų sanklijų išsluoksniavimo stipriui. Buvo naudojami trys skirtingos sudėties ir sandaros tekstiliniai laminatai, o laminatų sanklijoms gauti naudotos keturios skirtingo storio ir paviršinio tankio sausosios termoplastinės poliuretanių klijų plėvelės. Šio tyrimo metu buvo nustatyta, kad tekstilinių laminatų sanklijų išsluoksniavimo stipris, naudojant skirtingo paviršinio tankio ir storio termoplastines poliuretanių plėveles, yra skirtingas, esant skirtingai klijuotinių siūlių presavimo temperatūrai. Bei ištyrė, kad drėgmės poveikis mažina tekstilės laminatų sanklijų išsluoksniavimo stiprį nuo 1 % iki 35 %.

E. Biliutavičiūtė, E. Strazdienė ir V. Masteikaitė [45] analizavo siūlių sanklijos stiprį ir standumą, suprojektavo du moteriško asortimento drabužius, kurių detalės buvo jungtos termoplastine plėvele. Buvo tirtos penkios skirtingos medžiagos: gipiūras (PES, elastanas (PU)), pūkuotas mežginys (PES), plonas audinys (PES), plonas audinys (viskozė) ir atlasas (PES, elastanas (PU)). Sanklijos suformavimo režimai – 170°C temperatūra ir 30 s trukmė. Plėvelės buvo parinktos atsižvelgiant į tekstilės medžiagų storius. Buvo naudotos trijų skirtingų storių poliamidinės termoplastinės plėvelės. Buvo ištirta, kad naudotas klijavimo režimas yra tinkamas daugumai parinktų medžiagų sanklijų gavimui, kadangi stiprio vertės nėra mažesnės už 1,5 N/cm normą. Kai kurių medžiagų sanklija trūko per pačias medžiagas, o ne per siūles, todėl jų klijavimui siūloma

parinkti plonesnę termoplastinę plėvelę. Taip pat nustatyta, kad klijuotų siūlių standumas yra žymiai didesnis už klijuojamų medžiagų standumą.

V. Miknevičiūtė ir V. Masteikaitė [5] analizavo aprangos medžiagų suklijavimo termoplastine plėvele galimybes bei nustatė optimalius suklijavimo režimus tirtoms medžiagoms. Medžiagos bandiniai buvo klijuojami tarpusavyje naudojant presą su tokiais režimais: 3,7 N/cm² slėgis, temperatūra – 160, 165, 170 °C, laikas – 20, 30, 40 s. Kaip parodė rezultatai, aukštesnė temperatūra garantuoja didesnę siūlės suklijavimo stiprį, tačiau parenkant klijavimo režimus konkrečioms medžiagoms, būtina atsižvelgti ir į technologinio proceso ekonomiškumą. Temperatūros didinimas turi įtakos didesnėms energijos sąnaudoms, o operacijos trukmės ilginimas – darbo našumui. Tępiant bandinius, suklijuotus su termoplastine plėvele, jų irimo pobūdis gali būti trejopas: 1) plyšta bandinio medžiaga, 2) išsisluoksniuojama klijuotinė siūlė, 3) sluoksniuojantis siūlei, ties ja pradeda irti medžiaga. Nustatyta, kad tiek klijavimo temperatūros pakėlimas, tiek klijavimo trukmės pailginimas leidžia gauti stipresnę siūlę. Suklijavimo termoplastine plėvele stipris žymiai priklauso nuo jos storio, tačiau būtina įvertinti gautos siūlės standumą. Lyginant dviejų tipų klijuotinių siūlių elgseną tempimo metu, nustatyta, kad užkeistinė siūlė yra daug kartų stipresnė už uždėtinę ir tępiant suklijuotus bandinius dažniau plyšta medžiaga nei yra pati siūlė.

2.5. Apibendrinimas

Pastaruoju metu jungimą siuvimo siūlais sparčiai keičia klijavimo technologija, kuri pasižymi visa eile pranašumų. Nėra pakankamai publikuotų tyrimų šia tematika, todėl sunku parinkti tinkamus technologinius parametrus klijavimo technologijai. Apžvelgus jau atliktus tyrimus, susijusius su klijuotinėmis tekstilės medžiagų sistemomis, pastebima, kad dar ne viskas ištirta ir nėra visiškai aiški tam tikrų veiksnių įtaka klijuotinių sistemų stiprumui. Todėl buvo iškeltas toks šio **darbo tikslas** – ištirti įvairių veiksnių įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.

Tikslui įgyvendinti iškelti tokie **uždaviniai**:

1. įvertinti presavimo temperatūros ir trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui;
2. įvertinti presavimo temperatūros įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui;
3. įvertinti presavimo trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui;

4. įvertinti išsluoksniavimo greičio įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui;
5. įvertinti poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

3. Tyrimo metodologija

Tyrimams buvo parinkta megztinė medžiaga M1 ir du audiniai A1 ir A2 (3.1 lent.).

Iš kiekvienos parinktos medžiagos buvo iškirpta po penkias audinių metmenų ir ataudų kryptimi, megztinės medžiagos stulpelių ir eilučių kryptimi 50 × 200 mm dydžio juostelės, kurios skirtos metmenų ir ataudų siūlų ilginiam tankiui ir metmenų/stulpelių ir ataudų/eilučių siūlų tankumui nustatyti.

Tekstilės medžiagų ir jų klijuotų sistemų storis nustatytas su stormačiu „Louis Schopper Leipzig“, J-40-L. Prispaudimo disko plotas – 0,785 cm², slėgis – 49,1 kPA. Matavimo tikslumas – 0,01 mm. Storis matuojamas penkiose skirtingose medžiagos vietose. Nustatyta storio vertė yra 5 bandinių storio matavimo aritmetinis vidurkis. Suminis sistemos storis prieš presavimą buvo skaičiuojamas, sumuojant atskirų sluoksnių išmatuotus storius, t.y. sumuojamas apatinis ir viršutinis sistemos sluoksnis, kuris yra iš tekstilės medžiagos, bei plėvelės storis.

Tekstilės paviršinis tankis nustatytas pagal standartą LST ISO 3801: 1998 [46]. Bandiniai buvo sveriami svarstyklėmis „Kern&Sohn“ EG420-3NM (3.1 pav), 0,01 g tikslumu. Bandinių skaičius grupėje – yra 5. Suminis juostelių plotas apskaičiuojamas pagal kiekvienos bandinių grupės juostelių matmenis ir juostelių skaičių. Siūlų skaičius medžiagos ilgio vienetu (siūlų tankumo koeficientas) nustatytas pagal standartą LST EN 1049-2: 1998 [47]. Audinių siūlų tankumo koeficiento vertė yra nustatyta iš 5 bandinių matavimo rezultatų aritmetinio vidurkio tiek metmenų, tiek ataudų siūlų kryptimi.

Tyrimo objektai prieš bandymus buvo išlaikomi ne mažiau kaip 24 valandas kondicinėse sąlygose (santykinis drėgnis $\phi = 65 \pm 2 \%$; temperatūra $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) pagal standartą LST EN ISO 139: 2005 [48].

3.1 lentelė. Tekstilės medžiagų charakteristikos

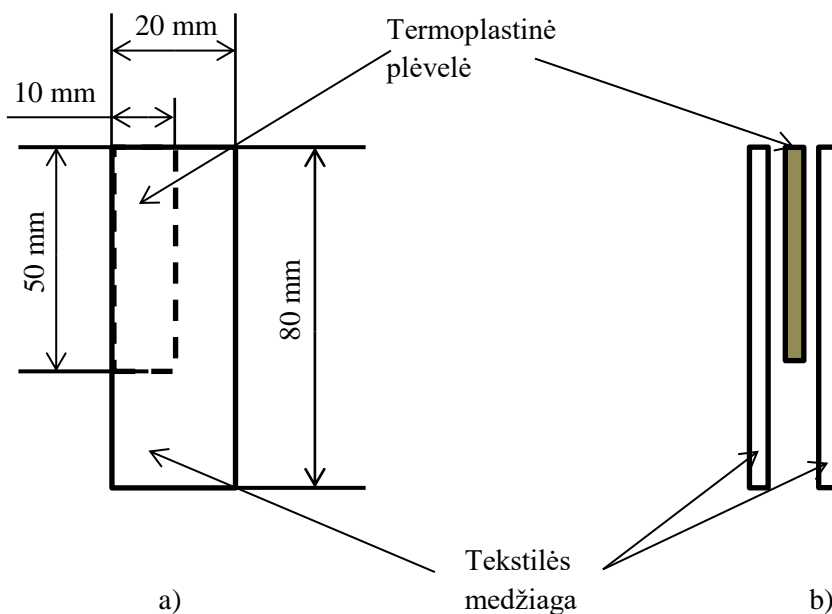
Tekstilės medžiaga	Kodas	Pynimas	Storis, mm	Pluoštinė sudėtis	Paviršinis tankis, g/m ²	Siūlų ilginis tankis, tex		Tankumo koeficientas, cm ⁻¹	
						M/S	A/E	M/S	A/E
Megztinė medžiaga	M1	Lygusis skersinis	0,56 ± 0,02	Poliamidas	113,2 ± 4,9	-	-	16 ± 0,6	18 ± 1,0
Audinys	A1	Drobinis	0,282 ± 0,006	Poliesteris	150,6 ± 2,1	12,5 ± 0,23	15,9 ± 0,08	57 ± 4,1	42 ± 2,3
Audinys	A2	Drobinis	0,150 ± 0,006	Poliesteris	89,8 ± 1,0	8,6 ± 0,04	9,9 ± 0,05	48 ± 1,4	43 ± 1,0

Pastabos: M – metmenų kryptis; A – ataudų kryptis; S – stulpelių kryptis; E – eilučių kryptis. Siūlų ilginio tankio santykinė paklaida kito nuo 0,49 % iki 1,88 %; variacijos koeficientas kito nuo 0,39 % iki 1,51 %. Paviršinio tankio santykinė paklaida kito nuo 1,16 % iki 4,35 %; variacijos koeficientas kito nuo 0,93 % iki 3,50 %. Siūlų tankumo koeficiento santykinė paklaida kito nuo 2,40 % iki 7,10 %; variacijos koeficientas kito nuo 1,94 % iki 5,72 %.



3.1 pav. Svarstyklės „Kern&Sohn“ EG420-3NM

Tekstilės medžiagų bandiniai, skirti išluksniavimo stiprio nustatymo bandymui, buvo kerpami metmenų/stulpelių kryptimi. Bandinių matmenys 80 mm × 20 mm. Dvi tekstilės medžiagos juostelės buvo klijuojamos viena su kita, naudojant termoplastines plėveles, kurių matmenys 50 mm × 10 mm. Išluksniavimo bandymui sanklijų bandiniai klijuojami viršutiniąja puse su kitos badinio juostelės išvirkščiąja puse. Bandinio schema pavaizduota 3.2 paveikslėlyje.



3.2 pav. Bandinio schema: a) vaizdas iš priekio, b) vaizdas iš šono

Tekstilės medžiagų klijuotos sistemos buvo sudaromos su presu GTK DEA 25 R, esant pastoviam presavimo slėgiui 5,6 kPa, skirtingoms presavimo temperatūroms $T = 140, 150, 160, 170$

°C ir trukmėms $t = 10, 20, 30, 40$ s (3.3 pav.). Tokie režimai buvo pasirinkti atsižvelgiant į ankstesnius atliktus tyrimus. Preso DEA 25 R techniniai duomenys pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Aplikacijų pariklijavimo preso DEA 25 R techniniai duomenys

Presavimo plokštumų matmenys	25 × 12 cm
Presavimo temperatūra	0 – 299 °C
Presavimo trukmė	0 – 99 s
Presavimo jėga	0 – 49 kPa



3.3 pav. Presas DEA 25R

Naudotos termoplastinės plėvelės yra vienasluoksnės, sudarytos iš betirpiklio termoplastinio esterio, kurio pagrindas poliuretano klijų polimeras. Polimeras yra išspaudžiamas ant nuimamo apsauginio popieriaus sluoksnio ir gali būti įvairaus pločio ir storio. Naudotų termoplastinių plėvelių charakteristikos pateiktos 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Termoplastinių plėvelių charakteristikos

Plėvelės ID	Sudėtis	Storis, mm	Lydimosi temperatūra, °C (ang. <i>Melt Point</i>)	Lydimosi indeksas (ang. <i>Melt Index</i>)	Išvaizda
UAF - 415	Poliuretanai	0,762	135	22g/10min	Skaidri / gintaro atspalvis
UAF - 472	Poliuretanai	1,27	95	20g/10min	Skaidri/ gintaro atspalvis

Tekstilės medžiagų klijuočių sistemų išsluoksniavimo bandymui buvo naudojama tempimo mašina Tinius Olsen H10 KT (3.4 pav.), Išsluoksniavimo bandymai buvo atliekami pagal 3.6 paveiksle

parodytas sekas, laikantis nurodytų technologinių režimų. Vertinant presavimo trukmės ir temperatūros įtaką, greitis buvo vienodas 50 mm/min, o kai buvo tiriama išsluoksniavimo greičio įtaka buvo naudojami skirtingi išsluoksniavimo greičiai $v = 50, 100, 150, 200, 300$ mm/min presavimo temperatūra ir laikas buvo pastovūs $T = 160$ °C ir $t = 20$ s. Visais atvejais buvo matuojamas išsluoksniavimo stipris F , N/mm.



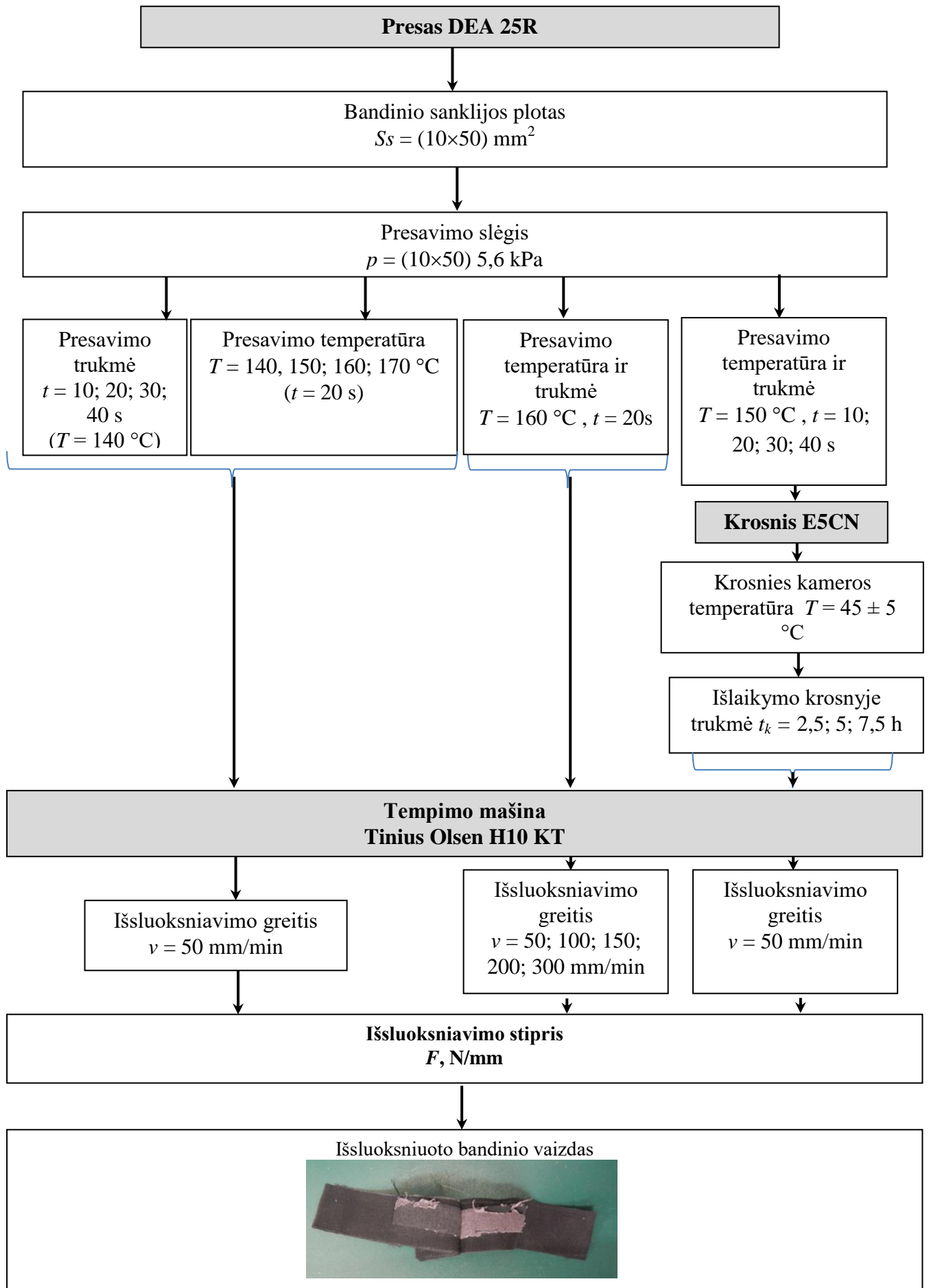
3.4 pav. a) Tempimo mašina Tinius Olsen H10 KT b) tempimo mašinos spraustuvai su bandiniu.

Norint įvertinti poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra įtaką klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui, prieš bandymą klijuotinių sujungimų bandiniai buvo presuojami esant vienodai temperatūrai $T = 150$ °C, greičiui $v = 50$ mm/min ir skirtingiems laikams $t = 10, 20, 30, 40$ s. Bandiniai buvo laikomi krosnies kameroje E5CN (3.5 pav.). Krosnies kameroje buvo keičiama bandinių išlaikymo krosnelėje trukmė $t_k = 2$ val 30 min, 5 val, 7 val 30 min. Krosnis kaitinama 5 °C per minutę greičiu iki 45 ± 5 °C. Šis tyrimas aktualus tuo, kad bus imituojama realiai galima maksimali lauko temperatūra ir bus fiksuojama kaip į tai reaguoja klijuotiniai sujungimai ir vertinama, ar išorinės aplinkos temperatūra turi įtakos tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipriui.



3.5 pav. Krosnis E5CN

Kiekvienam vidutinės vertės išsluoksniavimo jėgos priklausomybės nuo laiko, temperatūros ir greičio eksperimentiniam taškui gauti buvo išbandyta ne mažiau kaip po 8 bandinius, o vertinant išorinės aplinkos temperatūros įtaką – po 5 bandinius.



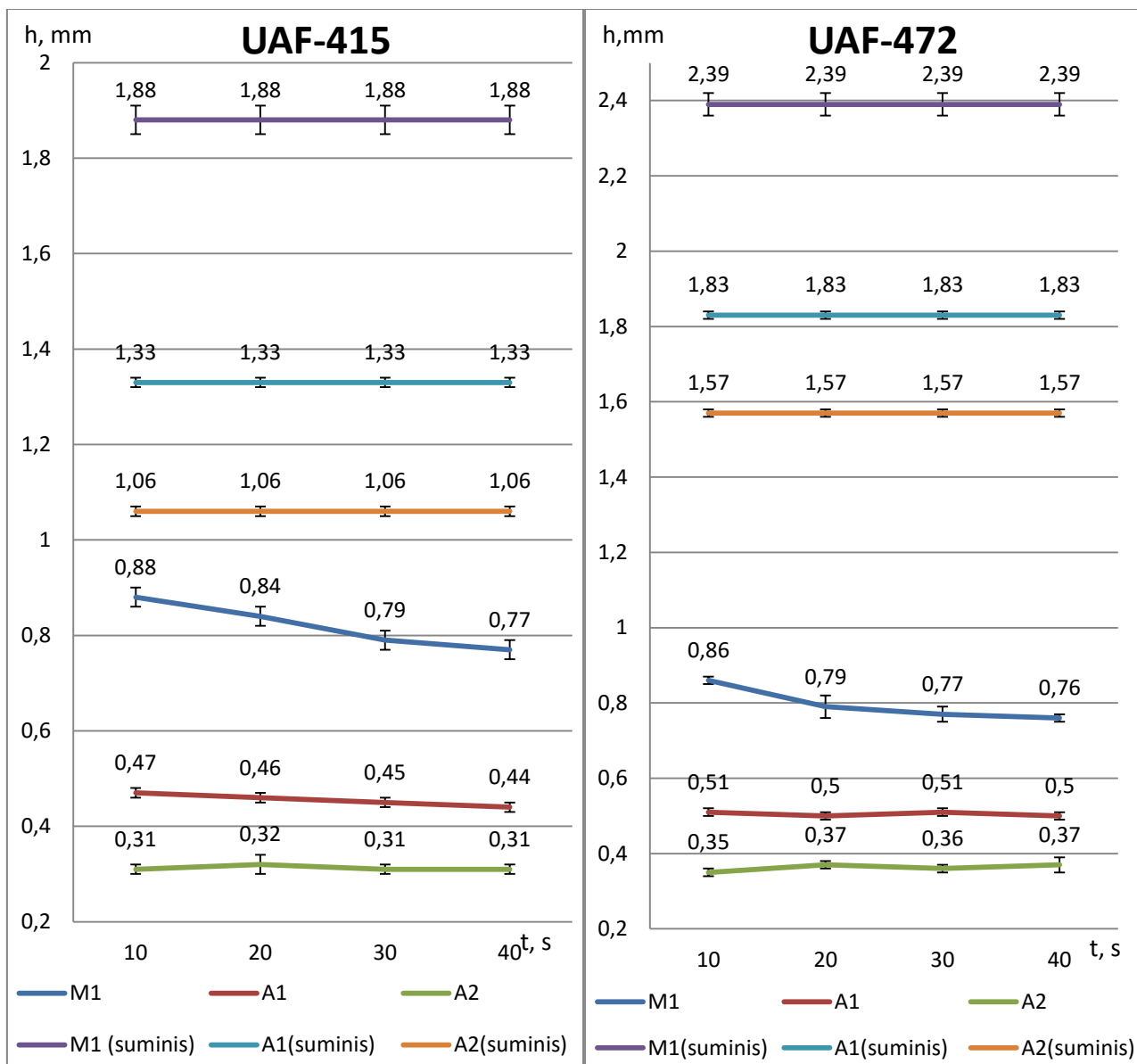
3.6 pav. Eksperimento schema

4. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

4.1. Presavimo temperatūros ir trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui

Vertinant temperatūros ir trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui buvo matuojamas tekstilės medžiagų suklijuotų sistemų storis po presavimo ir lyginamas su sistemos suminiu storiu prieš presavimą, t.y. nesuklijuotos bandinių sistemos suminiu storiu.

4.1.1 ir 4.1.2 paveiksluose pateikiamos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storio priklausomybės nuo presavimo trukmės ir temperatūros. Analizuojant pateiktas priklausomybes matyti, kad visais atvejais suminis sistemos storis yra didesnis nei klijuotų sistemų storis po presavimo, todėl kad klijai dar nėra paveikti temperatūros, slėgio bei laiko ir nėra įsiskverbę į tekstilės medžiagą.



4.1.1 pav. Presavimo trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui

Analizuojant 4.1.1 pav. pateiktus rezultatus matyti kad, naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę UAF-415, presavimo laikas didžiausią įtaką turi megztinei medžiagai M1. Kintant presavimo laikui nuo 10 s iki 40 s M1 medžiagos klijuotų sistemų storis pakinta 12,5 %. Suminis M1 megztinės medžiagos sistemos storis yra 53,2 % didesnis už suklijuotos sistemos storį, kai yra naudojama 10 s presavimo trukmė. Po presavimo sistemos storis sumažėjo dvigubai. Naudojant 40 s presavimo trukmę M1 megztinės medžiagos suklijuotos sistemos storis yra 59,0 % mažesnis, lyginant su suminiu sistemos storiu. Didinant presavimo trukmę nuo 10 s iki 20 s ir nuo 30 s iki 40 s, gautos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storio vertės svyruoja paklaidų ribose. Todėl, reikšminga presavimo trukmės įtaka gaunama, kai presavimo trukmė kinta nuo 20 s iki 30 s. Sistemos storis sumažėja 5,95 %. Didėjant presavimo trukmei termoplastinės plėvelės klijai skverbiasi giliau į medžiagą. Todėl klijų sluoksnis, liekantis tarp tekstilės medžiagos sluoksnių, plonėja taip mažindamas ir suklijuotos sistemos storį.

A1 audinio klijuotų sistemų storis didėjant presavimo temperatūrai kinta nežymiai. Kintant presavimo laikui nuo 10 s iki 40 s storis sumažėja 6,4 %. Gautos klijuotų sistemų storio vertės kinta paklaidų ribose. Tai rodo, kad presavimo trukmė neturi įtakos A1 audinio klijuotų sistemų storiui. Lyginant A1 audinio suklijuotų sistemų storį su suminiu sistemos storiu matyti, kad storio sumažėjimas yra didesnis negu M1 megztinės medžiagos. A1 audinio suminis sistemos storis yra 64,7 % didesnis už klijuotos sistemos storį kai presavimo trukmė yra 10 s ir 66,9 % didesnis – kai presavimo trukmė yra 40 s.

A2 audinio klijuotų sistemų storiui presavimo trukmė taip pat nedaro įtakos, kadangi gautos storio vertės kinta paklaidų ribose. Kintat temperatūrai nuo 10 s iki 40 s suklijuotų sistemų storio vertės yra labai panašios, tačiau 70,6 % mažesnės už A2 audinio suminį sistemos storį.

Suminis sistemos storis visais atvejais yra didesnis už suklijuotos sistemos storį. Didžiausias suminis sistemos storis yra M1 medžiagos ($1,88 \pm 0,03$ mm), mažiausias – A2 audinio ($1,06 \pm 0,01$ mm). Tačiau didžiausias skirtumas tarp suminio sistemos storio ir suklijuotos sistemos storio yra A2 audinio (70,6 %).

Naudojant storesnę termoplastinę plėvelę UAF-472 tendencija išlieka panaši. Didžiausią įtaką storiui presavimo trukmė turi M1 megztinei medžiagai. Didėjant presavimo trukmei nuo 10 s iki 40 s M1 megztinės medžiagos suklijuotos sistemos storis sumažėja 11,6 %. Panašiai storis sumažėja ir naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę. Kai presavimo laikas kinta nuo 10 s iki 20 s rezultatai parodė storio sumažėjimą (8,1 %). Presavimo laiko didėjimas nuo 20 s iki 40 s nėra reikšmingas, nes M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų storis kinta paklaidų ribose. Kai presavimo trukmė yra 10 s, suminis M1 megztinės medžiagos sistemos storis yra 64,0 % didesnis, o kai presavimo trukmė 40 s – 68,2 % didesnis.

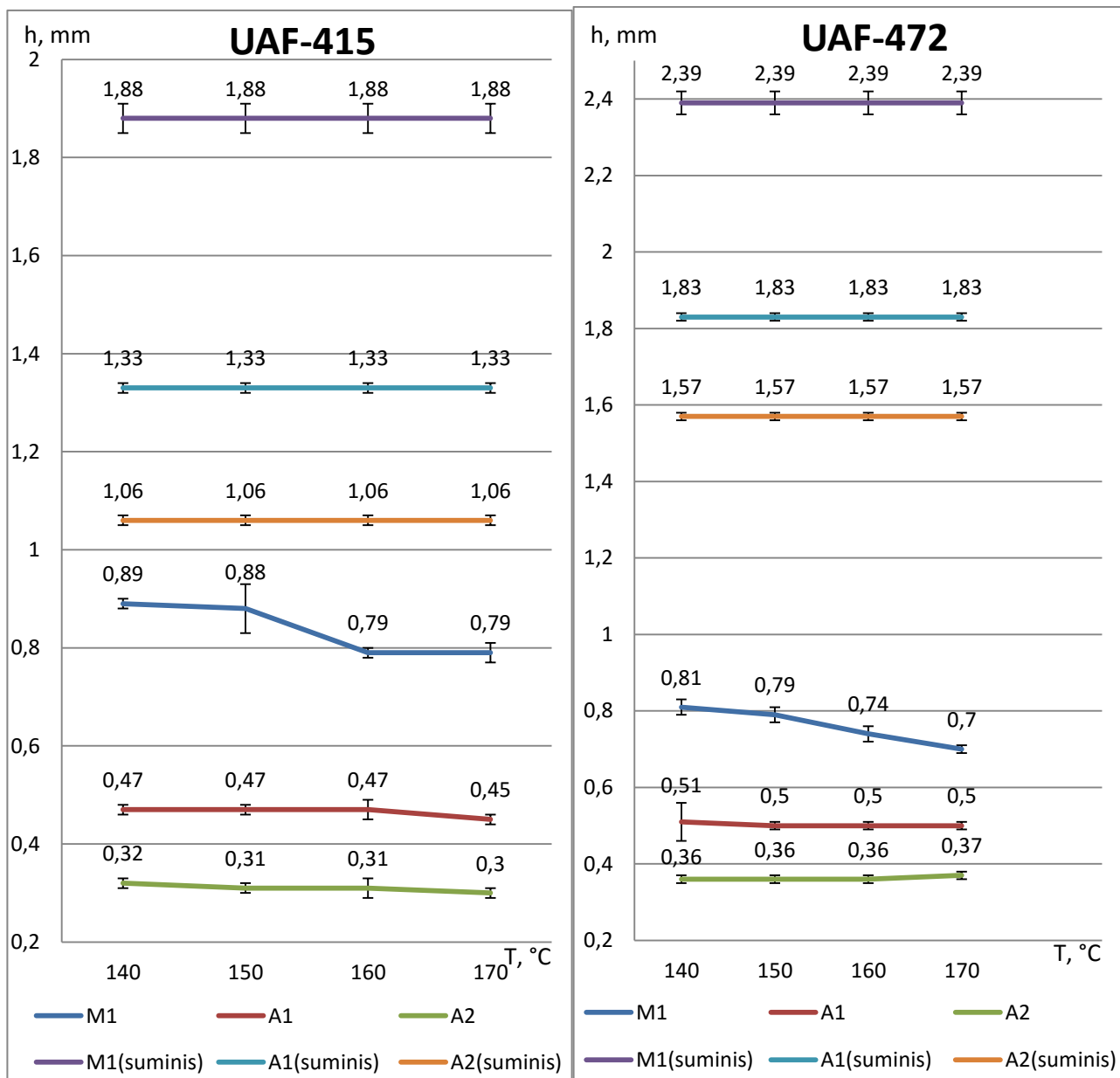
A1 audinio suklijuotų sistemų storiui presavimo trukmė įtakos neturi. Gautos vertės svyruoja paklaidų ribose. Didėjant presavimo trukmei nuo 10 s iki 40 s, storis sumažėja 1,96 %. Lyginant su suminiu A1 audinio sistemos storiu – storis 72 % mažesnis tiek esant 10 s presavimo trukmei, tiek esant 40 s presavimo trukmei.

A2 audinio klijuotų sistemų storiui presavimo trukmė įtakos neturi, gautos vertės kinta paklaidų ribose. Didėjant presavimo temperatūrai, A2 audinio klijuotos sistemos storis padidėja 5,4 %. Suminis sistemos storis yra 77,7 % didesnis už sistemos storį, esant 10 s presavimo trukmei, ir 76,4 % didesnis, esant 40 s presavimo trukmei.

Vertinant presavimo trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui, suminis sistemos storis, naudojant storesnę termoplastinę plėvelę, taip pat visais atvejais yra didesnis už suklijuotos sistemos storį po presavimo. Didžiausias suminis sistemos storis išlieka M1 medžiagos ($2,39 \pm 0,03$ mm), mažiausias – A2 audinio ($1,57 \pm 0,01$ mm).

Presavimo temperatūros įtakos, tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storio vertinime (4.1.2 pav.), naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę UAF-415, pastebima ta pati tendencija kaip presavimo trukmės įtakos vertinimo atveju (4.1.1 pav.). Didžiausią įtaką presavimo temperatūra daro M1 megztinės medžiagos klijuotoms sistemoms. Kylant presavimo temperatūrai nuo 140 °C iki 150 °C, M1 megztinės medžiagos klijuotos sistemos storis sumažėja nežymiai, vertės kinta paklaidų ribose. Didinant presavimo temperatūrą iki 160 °C, storio sumažėjimas yra reikšmingesnis, klijuotos sistemos storis sumažėja 11,2 % ir toliau nekinta. Klijuotų M1 megztinės medžiagos sistemų storiai, lyginant su suminiu sistemos storiu, sumažėja nuo 52,7 % iki 58,0 %.

Didėjant presavimo temperatūrai, A1 ir A2 audinių suklijuotų sistemų storių mažėjimas yra nežymus. Presavimo temperatūra reikšmingos įtakos neturi, gautos storio vertės kinta paklaidų ribose. A1 audinio suklijuotų sistemų storis sumažėja 4,3 %, o A2 audinio – 6,3 %. A1 audinio suminis sistemos storis 72 % didesnis už A1 audinio presuotos sistemos storį, o A2 audinio – 76 %.



4.1.2 pav. Presavimo temperatūros įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storii

Naudojant storesnę termoplastinę plėvelę UAF-472, A1 ir A2 audiniams suklijuoti, presavimo temperatūros didėjimas neturi įtakos. Storis pakinta tik 0,01 mm dydžiu – paklaidų ribose. Lyginant su suminiu sistemas storiu, A1 audinio suklijuotos sistemas storis yra 72 % mažesnis, o A2 audinio – 77 % mažesnis.

Presavimo temperatūra turi įtakos M1 megztinės medžiagos suklijuotų sistemų storiui. Didėjant temperatūrai nuo 140 °C iki 170 °C storis sumažėja 13,6 %. Kai presavimo temperatūra 140 °C ir 150 °C, storio vertės kinta paklaidų ribose. Reikšmingesnė presavimo temperatūros įtaka M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų storiui pastebima, esant 160 °C ir 170 °C presavimo temperatūroms. Esant 140 °C temperatūrai suklijuotos sistemas storis, lyginant su suminiu sistemas storiu yra mažesnis 66,1 %, o esant 170 °C – 70,7 %.

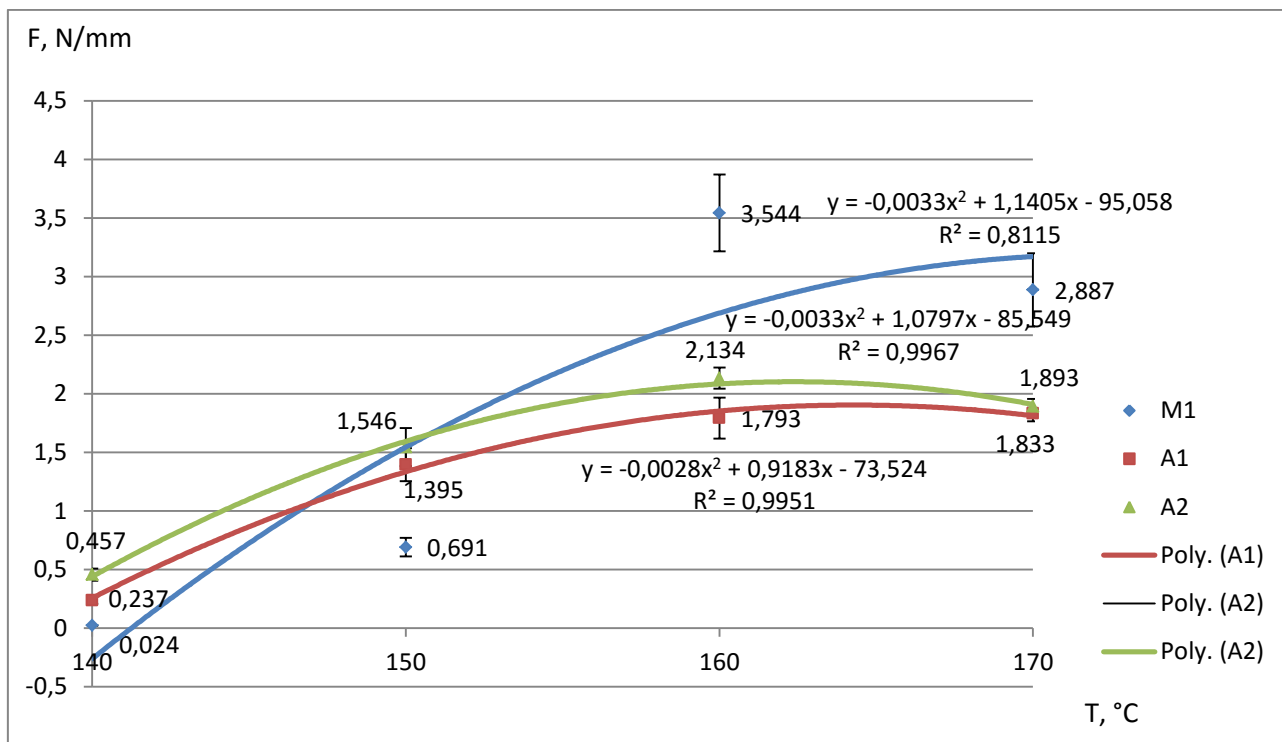
Suminis visų tirtų tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storis yra ženkliai didesnis už klijuotos sistemos storį po presavimo. Taip pat skiriasi ir suminiai sistemų storiai, kai yra naudojamos skirtingų storių plėvelės: UAF-415 (0,762 mm storio) ir UAF-472 (1,27 mm storio). Esant storesnei termoplastinei plėvelei M1 megztinės medžiagos suminis sistemos yra 21,3 %, A1 audinio – 27,3 % ir A2 audinio – 32,5 % didesnis, negu naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę. M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų storis po presavimo, naudojant storesnę termoplastinę plėvelę UAF-472, yra netgi mažesnis negu naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę UAF-415. Kitų tirtų medžiagų atveju, naudojant storesnę termoplastinę plėvelę, klijuotų sistemų storis yra didesnis. Toks M1 megztinės medžiagos išskirtinumas galėjo būti dėl to, kad M1 megztinė medžiaga skiriasi savo sandara nuo A1 ir A2 audinių. Klėjai geriau įsiskverbia į megztinę medžiagą negu į audinius dėl jų sandaros ir didesnio akytumo.

Apibendrinant gautus rezultatus, galima padaryti tokias išvadas, vertinant presavimo temperatūros ir trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų storiui:

1. Presavimo temperatūra ir trukmė klijuotų sistemų storiui turi įtakos M1 megztinės medžiagos klijuotoms sistemoms. A1 ir A2 audinių klijuotoms sistemoms – įtakos neturi.
2. Suminis sistemos storis visais atvejais yra didesnis nei klijuotų sistemų storis po presavimo.
3. Lyginant suminį sistemos storį prieš presavimą ir klijuotos sistemos storį po presavimo nustatyta, kad labiausiai pasikeičia A2 audinio sistemų storis (nuo 69,8 % iki 71,7 %).
4. Klijuotų sistemų storis priklauso nuo termoplastinės plėvelės storio. A1 ir A2 audinių klijuotų sistemų storiai yra didesni naudojant storesnę termoplastinę plėvelę. M1 megztinės medžiagos – mažesni.

4.2.Presavimo temperatūros įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

Vertinant temperatūros įtaką tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipriui, buvo tiriami bandiniai esant pastoviam laikui $t = 20$ s ir keturioms skirtingoms temperatūroms $T = 140, 150, 160, 170$ °C. 4.2.1 ir 4.2.5 paveiksluose pateikiamos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo temperatūros, esant dviem skirtingoms termoplastinėms plėvelėms UAF-415 ir UAF-472.

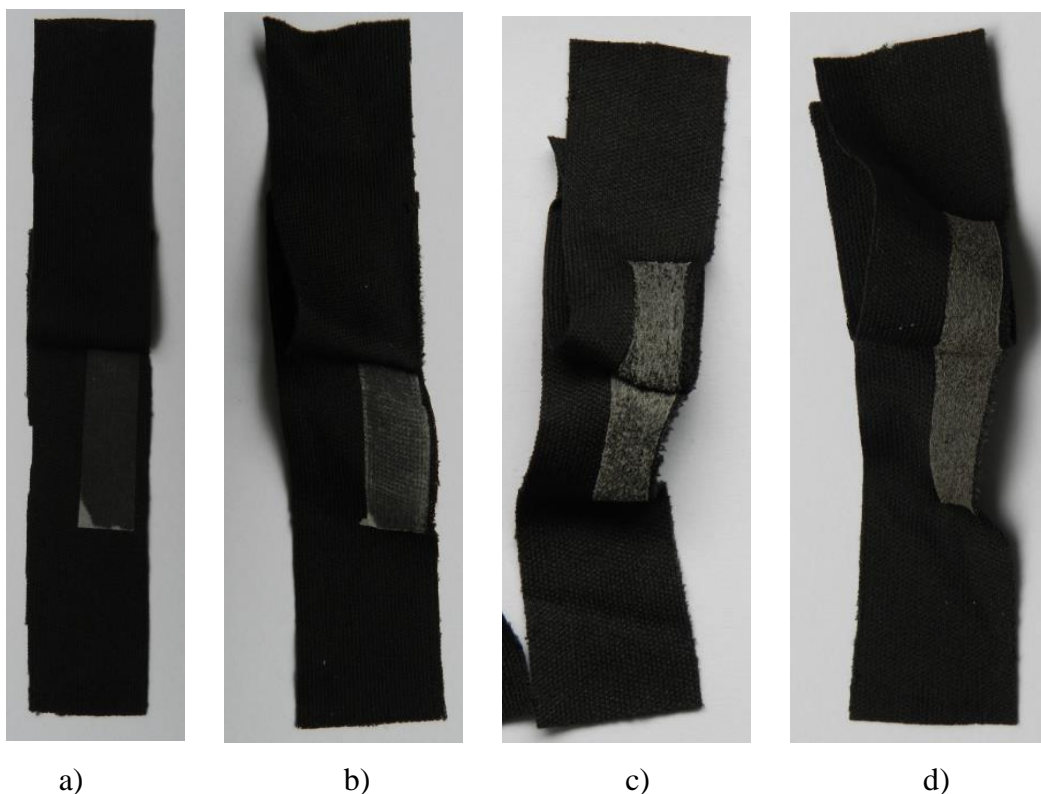


4.2.1 pav. Išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo temperatūros, naudojant UAF-415 termoplastinę plėvelę

Tyrimo rezultatai parodė, kad esant 140 °C presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo stipris yra mažiausias. Didėjant presavimo temperatūrai iki 160 °C, išsluoksniavimo stipris taip pat didėja, o didinant presavimo temperatūrą iki 170 °C, išsluoksniavimo stipris sumažėja.

Ši tendencija labiausiai matosi, kai buvo tirti M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų bandiniai. Didėjant presavimo temperatūrai nuo 140 °C iki 160 °C, matomas ženklus išsluoksniavimo stiprio didėjimas (99,3 %). Tačiau presavimo temperatūrai padidėjus iki 170 °C, išsluoksniavimo stipris sumažėja 18,5 %. Didžiausia M1 megztinės medžiagos klijuotos sistemos išsluoksniavimo stiprio vertė ($3,54 \pm 0,33$ N/mm) gaunama esant 160 °C presavimo temperatūrai, mažiausia ($0,024 \pm 0,002$ N/mm) – esant 140 °C presavimo temperatūrai.

Išsluoksniavimo pobūdis parodo kaip yra įsiskverbę klijai į medžiagą. Pagal tai galima paaikškinti ir kodėl išsluoksniavimo stipris vienu ar kitu atveju yra didesnis ar mažesnis. 4.2.2 paveiksle parodyti M1 megztinės medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, esant skirtingoms presavimo temperatūroms.



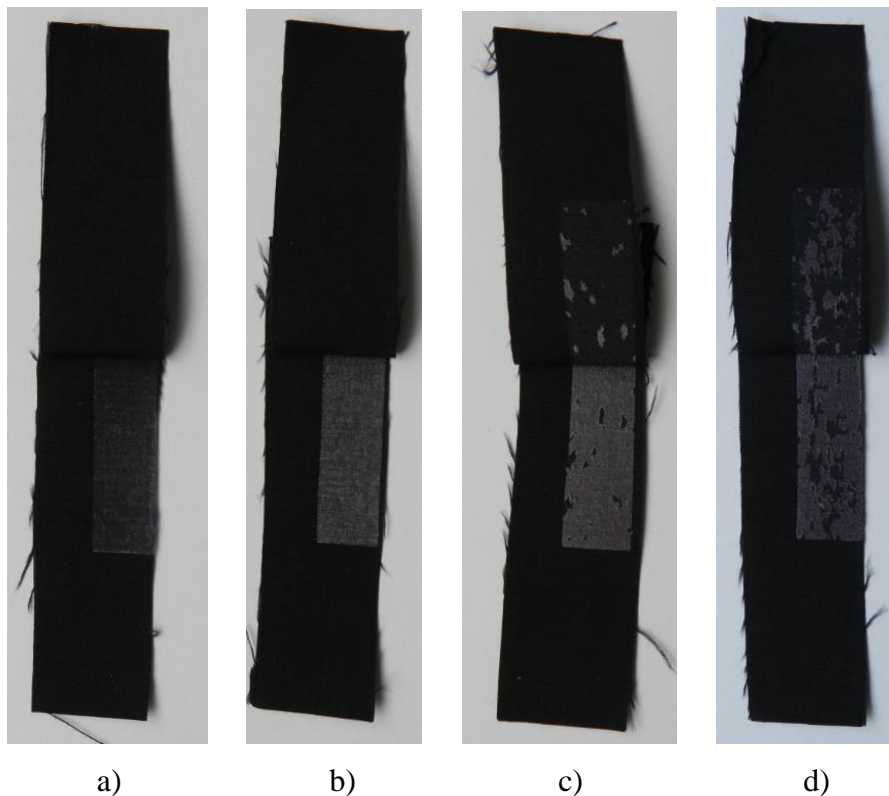
4.2.2 pav. M1 megztinės medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

M1 megztinės medžiagos klijuotos sistemos, kai presavimo temperatūra yra 140 °C ir 150 °C, išsluoksniavus siūlei, termoplastinė plėvelė liko ant vieno iš medžiagos sluoksnių. Tai rodo, kad presavimo temperatūra buvo per maža. Termoplastinė plėvelė, kai presavimo temperatūra 140 °C, yra linkusi atsiklijuoti nuo abiejų tekstilės medžiagos sluoksnių. Pradėjus išsluoksniavimo bandymą, termoplastinė plėvelė tik kampuose sluoksniuojasi į tris sluoksnius. Kai presavimo temperatūra 160 °C ir 170 °C, išsluoksniavus siūlei, termoplastinės plėvelės masė pasiskirstė tolygiai per abu medžiagos sluoksnius. Kai presavimo temperatūra 170 °C, paveiksle matyti, kad termoplastinė plėvelė į medžiagą įsiskverbė labiausiai. Tai galėjo lemti išsluoksniavimo stiprio sumažėjimą. Kadangi esant per aukštai presavimo temperatūrai klijų klampumas sumažėja ir jie prasiskverbia per visą klijuojamų medžiagų storį, išnyksta klajinis tarp sluoksnių, todėl sumažėja klijuotinių sujungimų stiprumas išsluoksniuojant.

A1 audinio išsluoksniavimo stipris (4.2.1 pav.), didėjant presavimo temperatūrai nuo 140 °C iki 170 °C, padidėja 87,1 %. Esant 140 °C presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo stipris yra mažiausias (0,237 N/mm). Didėjant presavimo temperatūrai iki 150 °C išsluoksniavimo stipris padidėja 83 %, o toliau didinant presavimo temperatūrą išsluoksniavimo stipris didėja palaipsniui. Didžiausias išsluoksniavimo stipris yra $1,83 \pm 0,07$ N/mm, esant 170 °C presavimo temperatūrai. Tačiau kai presavimo temperatūra 160 °C, išsluoksniavimo stiprio vertė neženkliai skiriasi nuo

maksimalios išsluoksniavimo stiprio vertės, gautos vertės kinta paklaidų ribose. Mažiausias išsluoksniavimo stipris, kaip ir M1 megztinės medžiagos atveju, esant 140 °C presavimo temperatūrai ($0,24 \pm 0,03$ N/mm).

Pagal išsisluoksniavimo pobūdį taip pat galima matyti, kad labiausiai klijai yra įsiskverbę į tą bandinį, kurio presavimo temperatūra 170 °C (4.2.3 pav.). Didėjant presavimo temperatūrai, termoplastinė plėvelė skverbiasi giliau į medžiagą, taip arba sustiprindama klijuotinę siūlę, kaip A1 audinio atveju, arba susilpnindama – kaip M1 medžiagos atveju. Presavimo temperatūrai didėjant, klijų skverbimasis taip pat matomas didesnis. Kai presavimo temperatūra yra 140 °C ir 150 °C, išsisluoksniavus siūlei termoplastinės plėvelės visa masė lieka ant vieno medžiagos sluoksnio. Kai presavimo temperatūra 160 °C ir 170 °C, plėvelės polimero lieka ir ant antro medžiagos sluoksnio, tačiau didžioji jo dalis vis tiek yra ant vieno medžiagos sluoksnio. Tai rodo adhezinių jėgų skirtumą tarp plėvelės ir gerosios bei išvirkščiosios medžiagos pusių.

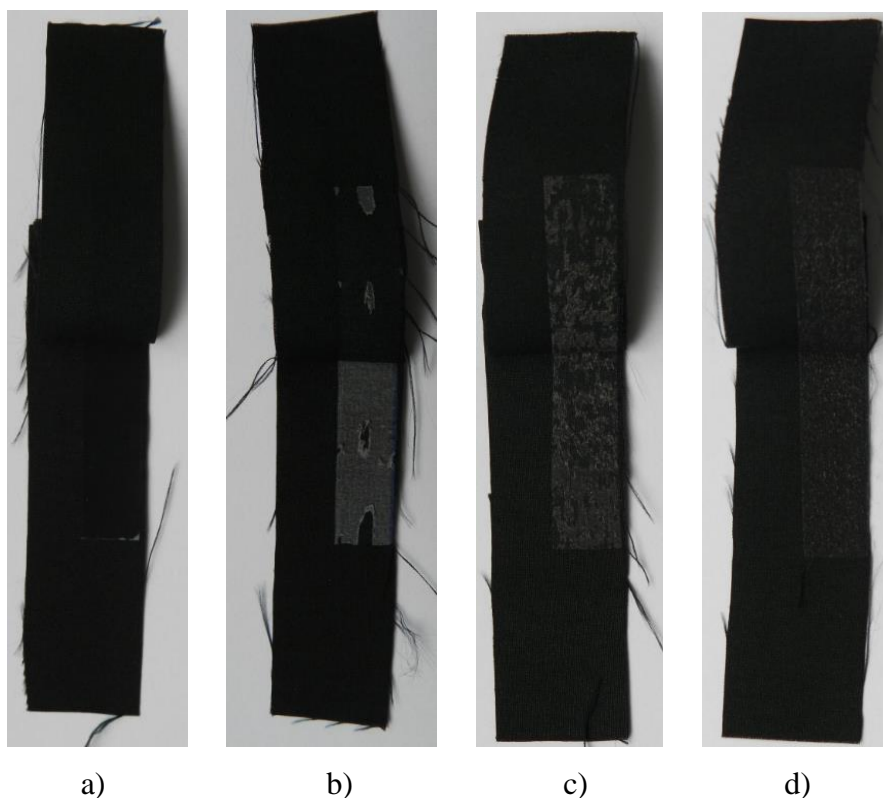


4.2.3 pav. A1 audinio bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio didėjimo ir mažėjimo tendencija yra panašiai kintanti kaip M1 megztinės medžiagos bandinių, tačiau nėra tokio ryškaus išsluoksniavimo stiprio padidėjimo esant 160 °C presavimo temperatūrai. Išsluoksniavimo stiprio vertės yra artimos A1 audinio išsluoksniavimo stiprio vertėms. Didėjant presavimo temperatūrai nuo 140 °C iki 160 °C, išsluoksniavimo stipris didėja 78,6 %. Didėjant presavimo temperatūrai nuo 160 °C iki 170 °C

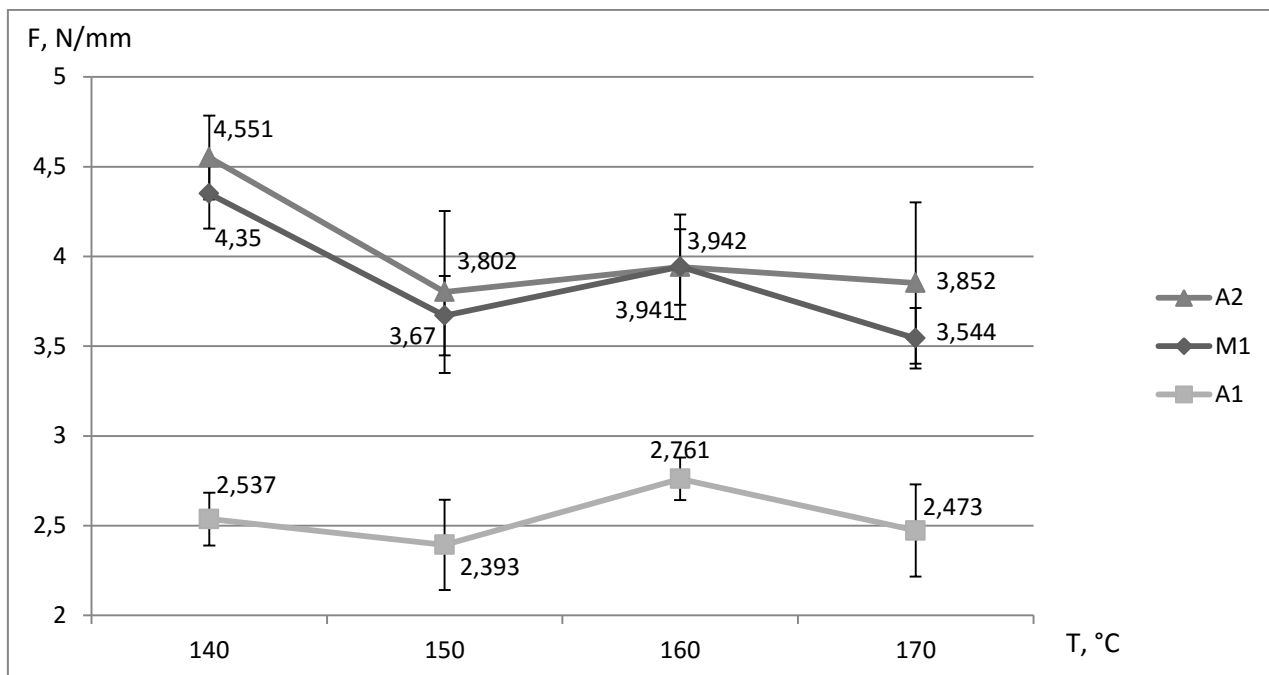
išsluoksniavimo stipris sumažėja 11,3 %. Presavimo temperatūra turi įtakos A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.

A2 audinio klijuotos sistemos po išsluoksniavimo, pagal išsluoksniavimo pobūdį, yra panašios į M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniuotas siūles (4.2.4 pav.). Kai presavimo temperatūra 160 °C ir 170 °C, adhezinė plėvelė pasiskirto tolygiai ant abiejų medžiagos sluoksnių. Esant 170 °C presavimo temperatūrai labai ryškiai matoma, kad plėvelė persigeria per visą medžiagos sluoksnį. Nėra likusio klijinio tarp sluoksniu tarp A2 audinio sluoksnių.



4.2.4 pav. A2 audinio bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

Gautos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio vertės aproksimuotos eksponentinėmis lygtimis, kurių R^2 nėra mažesnis nei 0,8 (4.2.1 pav.).

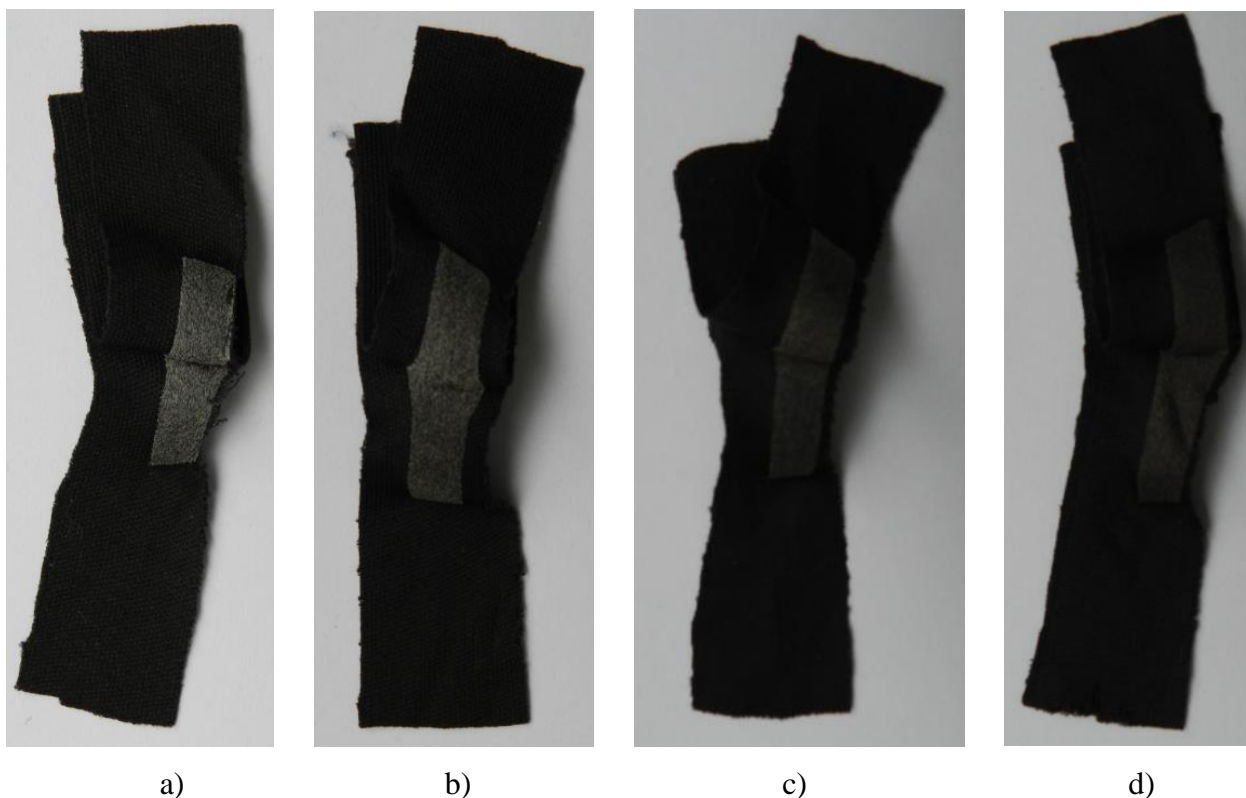


4.2.5 pav. Išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo temperatūros, esant termoplastinei plėvelei UAF-472

Didžiausias išsluoksniavimo stipris M1 megztinės medžiagos ir A2 audinio yra esant 140 °C presavimo temperatūrai, o A1 audinio – esant 160 °C presavimo temperatūrai (4.2.5 grafikas).

M1 megztinės medžiagos suklijuotų sistemų stipris yra didžiausias, esant mažiausiai presavimo temperatūrai 140 °C. Presavimo temperatūrai didėjant iki 150 °C išsluoksniavimo stipris sumažėja 15,6 %. Išsluoksniavimo stipris padidėja (6,9 %) pakilus presavimo temperatūrai nuo 150 °C iki 160 °C. Esant presavimo temperatūrai 170 °C, išsluoksniavimo stipris vėl sumažėja 10,1 %. Didėjant presavimo temperatūrai nuo 150 °C iki 170 °C, M1 megztinės medžiagos sklijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Įtakos turi tik pradinis presavimo temperatūros padidėjimas.

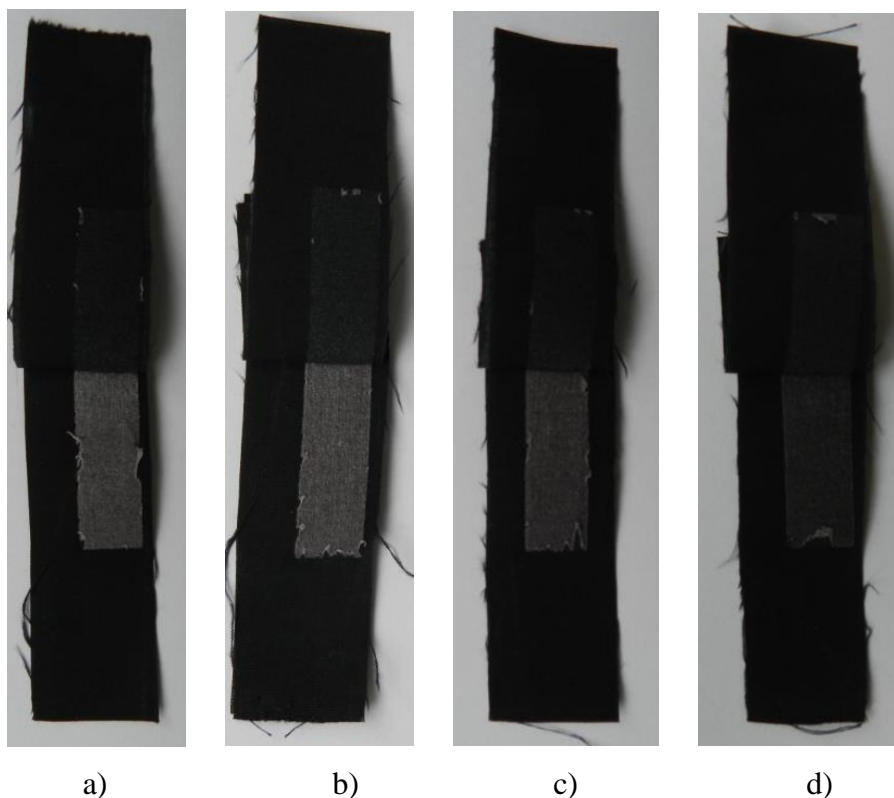
Analizuojant išsluoksniavimo pobūdį (4.2.6 pav.) pastebima, kad esant mažiausiai presavimo temperatūrai, klėjai išsluoksniavus siūlę lieka ant abiejų M1 megztinės medžiagos sluoksnių ir, didėjant presavimo temperatūrai, klėjai tik labiau skverbiasi į medžiagą.



4.2.6 pav. M1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

A1 audinio suklijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris kinta panašiai kaip M1 megztinės medžiagos, tik skaitinės išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės. Didžiausia išsluoksniavimo stiprio vertė gaunama esant 160 °C presavimo temperatūrai, mažiausia – 170 °C presavimo temperatūrai. Šiame intervale išsluoksniavimo stipris sumažėja 10,4 %. Didėjant presavimo temperatūrai nuo 140 °C iki 170 °C A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio vertės svyruoja paklaidų ribose. Presavimo temperatūra neturi reikšmingos įtakos A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.

A1 audinio išsluoksniavimo pobūdis skiriasi, lyginant su M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdžiu (4.2.7 pav.). Didėjant presavimo temperatūrai, klijų plėvelė visais atvejais skverbiasi vis giliau į medžiagą, tačiau lieka ant vieno medžiagos sluoksnio.

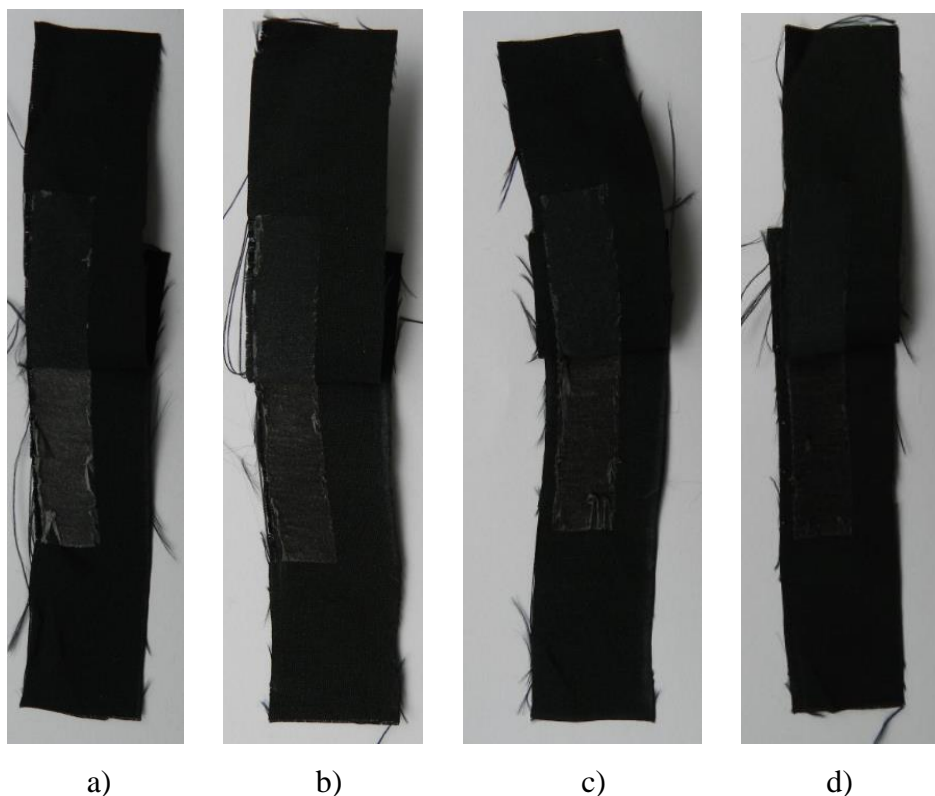


4.2.7 pav. A1 audinio bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris labiausiai kinta didinant presavimo temperatūrą nuo 140 °C iki 150 °C. Stipris sumažėja 16,5 %. Toliau kylant presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo stipris kinta nežymiai, išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Didinant presavimo temperatūrą nuo 150 °C iki 170 °C, reikšmingos įtakos nėra.

M1 megztinės medžiagos ir A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio vertės, esant skirtingoms presavimo temperatūroms, kinta paklaidų ribose. Jų elgsena, vertinant presavimo temperatūros įtaką klijuotų sistemų stipriui, yra labai panaši.

Pagal išsluoksniavimo pobūdį (4.2.8 pav), tendencija labai panaši kaip ir A1 audinio klijuotų sistemų. Taip pat didėjant presavimo temperatūrai plėvelės polimeras skverbiasi giliau į medžiagą ir lieka ant vieno medžiagos sluoksnio.



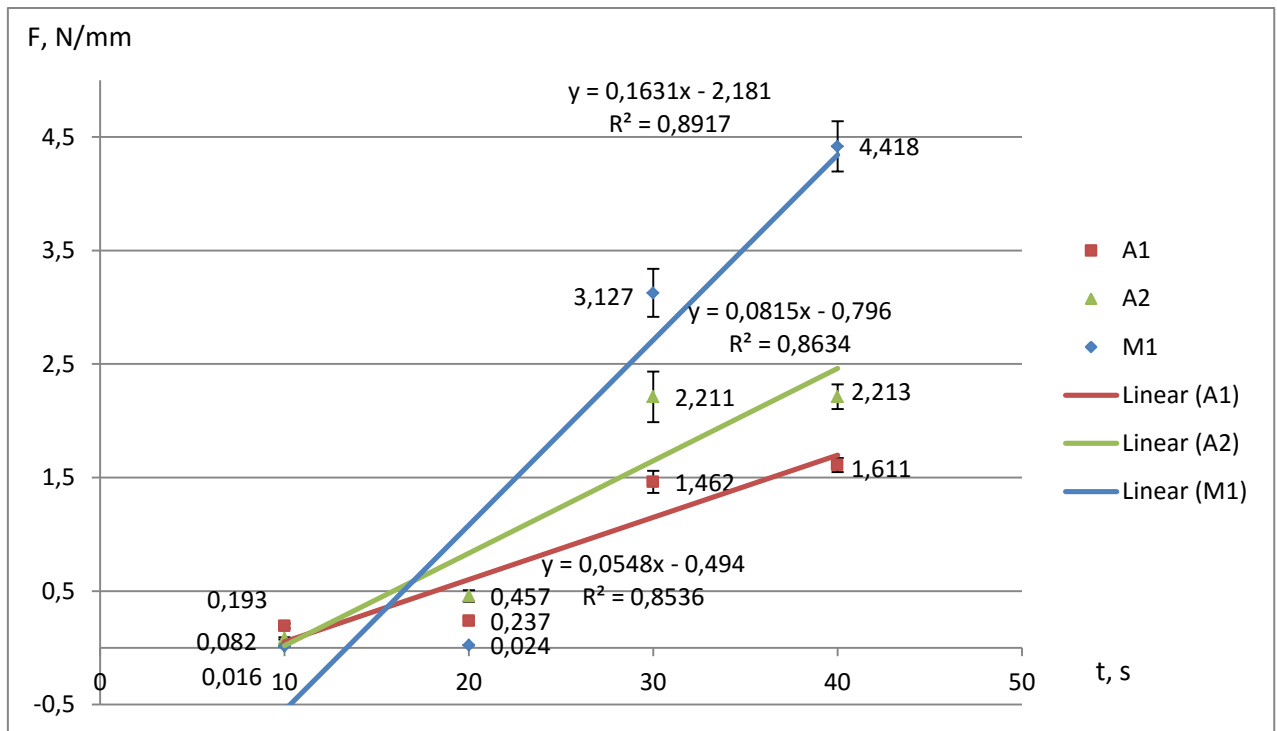
4.2.8 pav. A2 audinio bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo temperatūra: a) 140 °C, b) 150 °C, c) 160 °C, d) 170 °C

Apibendrinant gautus rezultatus galima daryti tokias išvadas, vertinant presavimo temperatūros įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui:

1. Kai yra naudojama UAF-415 termoplastinė plėvelė, didžiausias išsluoksniavimo stipris visais atvejais gaunamas, kai presavimo temperatūra 160 °C.
2. Naudojant plonesnę termoplastinę plėvelę, dažniau pasitaiko, kad klijai visiškai arba didžioji jų dalis lieka ant vieno iš medžiagos sluoksnių. Tai rodo adheziųjų jėgų skirtumą tarp plėvelės ir gerosios bei išvirkščiosios medžiagos pusių.
3. Kai yra naudojama UAF-472 termoplastinė plėvelė, M1 megztinės medžiagos ir A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris didžiausias, kai presavimo temperatūra yra 140 °C, o A2 audinio klijuotų sistemų – 160 °C presavimo temperatūra.
4. M1 medžiaga pasižymi geromis adhezinėmis savybėmis, kadangi labiausiai sugeria klijus, ypač naudojant storesnę termoplastinę plėvelę.
5. Kai presavimo temperatūra yra per aukšta (170 °C), klijų klampumas sumažėja ir jie prasiskverbia per visą klijuojamų medžiagų storį, dėl šios priežasties išnyksta klijinis tarp sluoksnis ir sumažėja klijuotinių sujungimų išsluoksniavimo stipris.

4.3. Presavimo trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

Vertinant presavimo trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui buvo tiriami bandiniai esant pastoviai 140 °C temperatūrai ir keturioms skirtingoms presavimo trukmėms $t = 10, 20, 30, 40$ s.

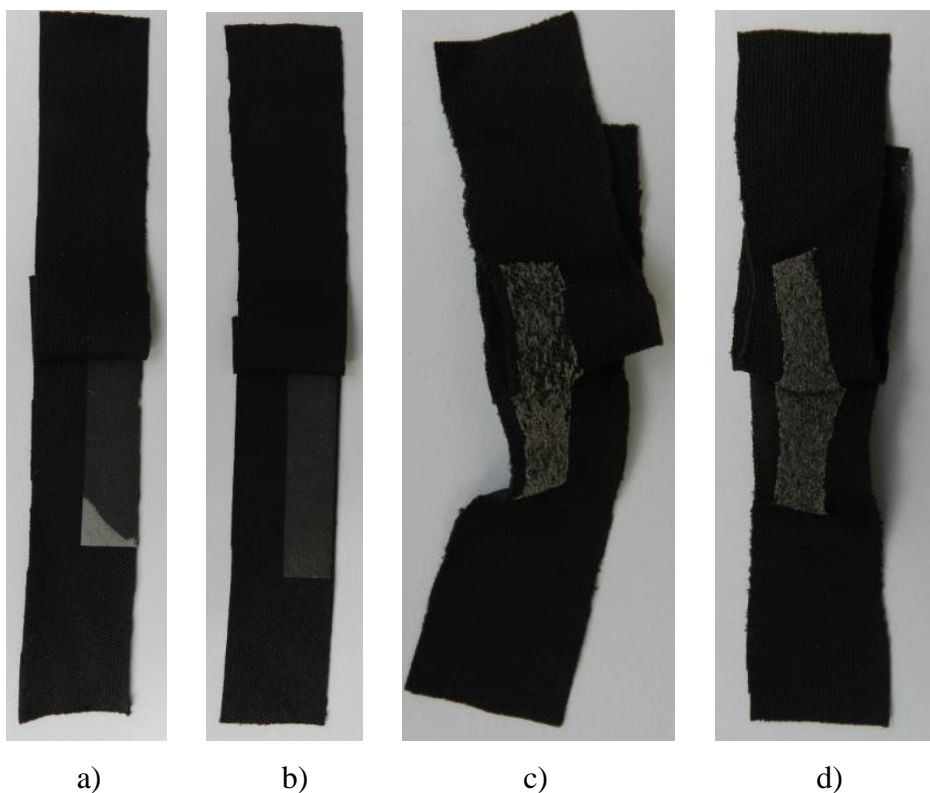


4.3.1 pav. Išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo trukmės, esant termoplastinei plėvelei UAF-415 (0,762 mm)

Vertinant presavimo trukmės įtaką išsluoksniavimo stipriui 4.3.1 paveiksle pavaizduota išsluoksniavimo stiprio priklausomybė nuo presavimo trukmės. Didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 40 s. Pradžioje, kai trukmė didėja nuo 10 s iki 20 s, išsluoksniavimo stipris didėja nežymiai. Išsiskiria tik A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio padidėjimas (82,06 %), lyginant su M1 megztinės medžiagos ir A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.

M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio reikšmingas padidėjimas matomas presavimo trukmei kylant nuo 20 s iki 40 s. Išsluoksniavimo stipris padidėja net 99,5 %. Tokią tendenciją gerai iliustruoja M1 medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdis parodytas 4.3.2 paveiksle. Kai presavimo trukmė 10 s ir 20 s, klijuotinė siūlė išsisluoksniuoja labai tvarkingai, kadangi klijai nėra pakankamai įsiskverbę į medžiagą. Esant mažiausiai presavimo trukmei, klijų plėvelė netgi pradžioje išsisluoksniuoja nuo abiejų medžiagos sluoksnių. Kai presavimo trukmė 30 s ir 40 s, klijai pasiskirsto ant abiejų medžiagos sluoksnių. Gautos išsluoksniavimo stiprio vertės įrodo, kad didėjant presavimo trukmei, klijų skverbimasis į medžiagą

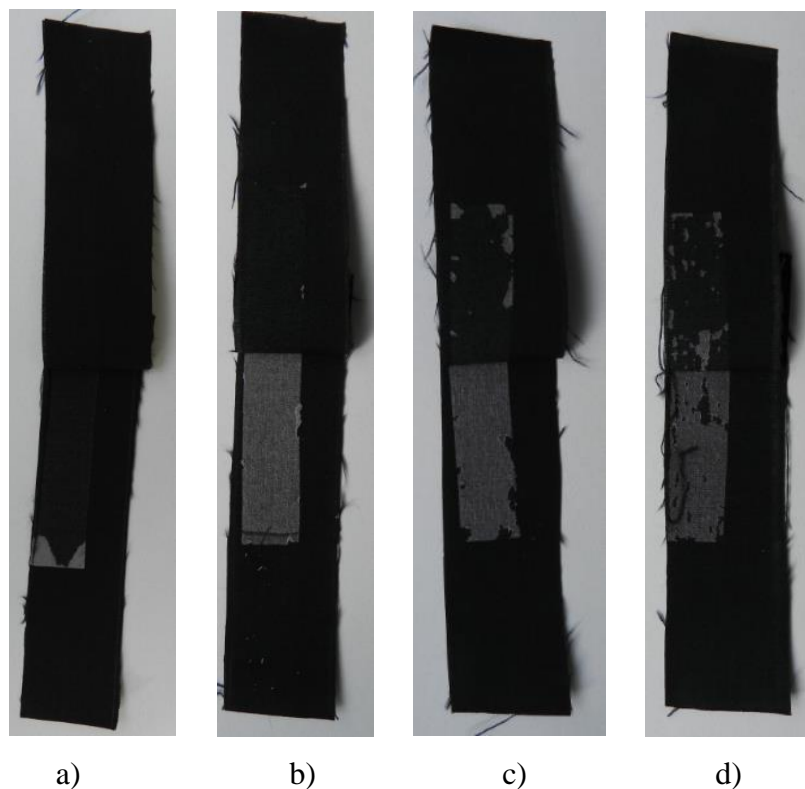
didėja. Gauti išsluoksniavimo stiprio rezultatai kinta ne paklaidų ribose, todėl presavimo trukmė turi reikšmingą įtaką M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui.



4.3.2 pav. M1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

A1 audinio klijuotų sistemų ryškesnis padidėjimas matomas, didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 30 s – 83,8 %. Didėjant presavimo trukmei nuo 30 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris didėja nežymiai (9,3 %). A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio rezultatai kinta paklaidų ribose, kai presavimo trukmė kinta nuo 10 s iki 20 s ir nuo 30 s iki 40 s. reikšmingą įtaką turi presavimo trukmės padidėjimas nuo 20 s iki 30 s.

A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdis skiriasi nuo M1 megztinės medžiagos (4.3.3 pav). Tendencija, kad didėjant presavimo trukmei klijų skverbimasis į medžiagą didėja, išlieka. Tačiau didžioji dalis klijų visais atvejais lieka ant vieno medžiagos sluoksnio.

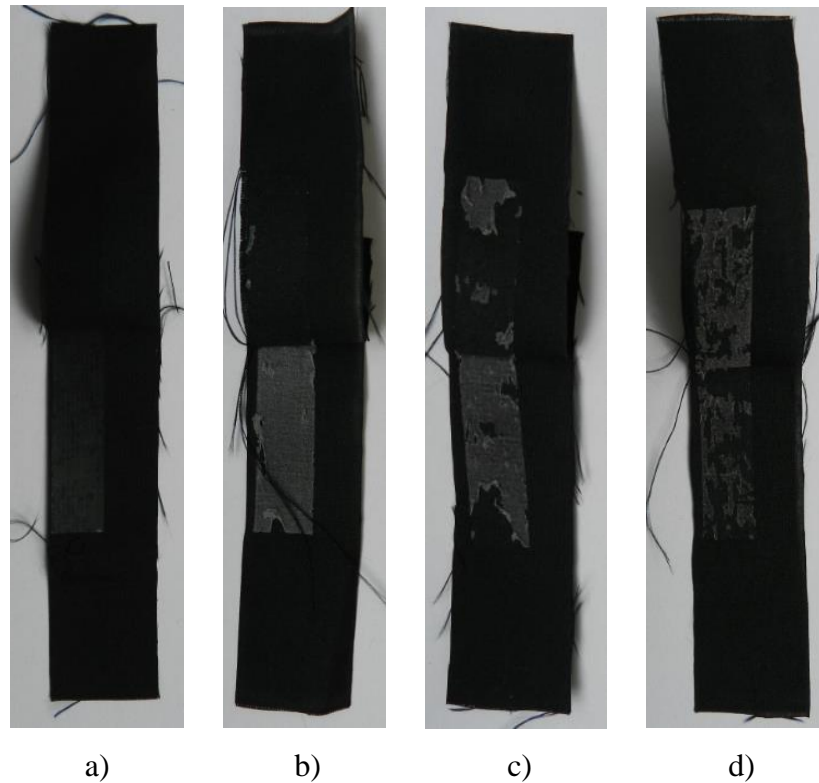


4.3.3 pav. A1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio kitimo tendencija yra tokia pati kaip ir prieš tai minėtų medžiagų klijuotų sistemų. Didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 30 s išsluoksniavimo stipris padidėja 79,3 % ir toliau beveik nekinta. Reikšminga presavimo trukmės įtaka išsluoksniavimo stipriui pastebima didėjant presavimo trukmei iki 30 s. Kai presavimo trukmė 30 s ir 40 s išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose.

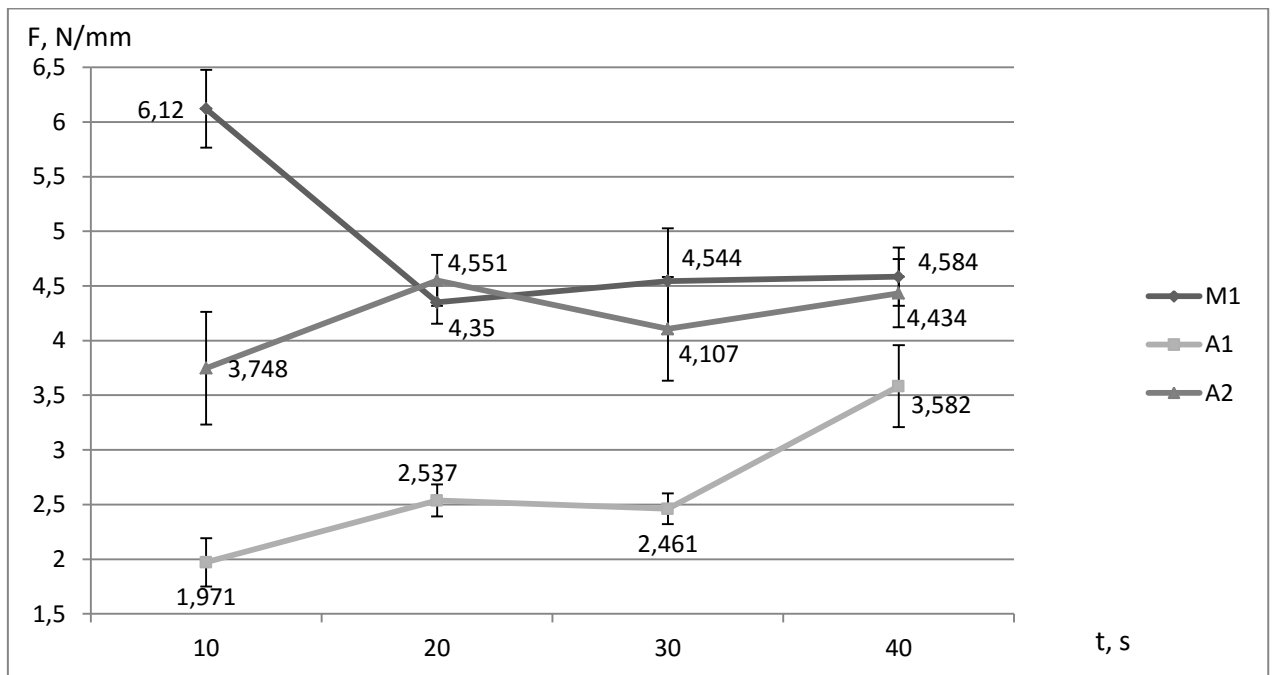
A2 audinio išsluoksniavimo pobūdis (4.3.4 pav.), kai presavimo trukmė 10 s ir 20 s, yra toks pat kaip M1 megztinės medžiagos ir A1 audinio. Klįjai lieka ant vieno medžiagos sluoksnio. Kai presavimo trukmė 30 s, išsluoksniavus siūlę, klįjų lieka ant abiejų medžiagos sluoksnių, tačiau didžioji jų dalis vistiek įsiskverbia labiau į vieną medžiagos sluoksnį. Kai presavimo trukmė 40 s, klįjai išsluoksniavus pasiskirsto tolygiai ant abiejų medžiagos sluoksnių.

Aproksimavus gautus rezultatus tiesinėmis lygtimis, įsitikinama, kad ryšys tarp analizuojamų parametrų yra stiprus. R^2 vertės artimos 1 ir nėra mažesnės nei 0,8 (4.3.1 pav.).



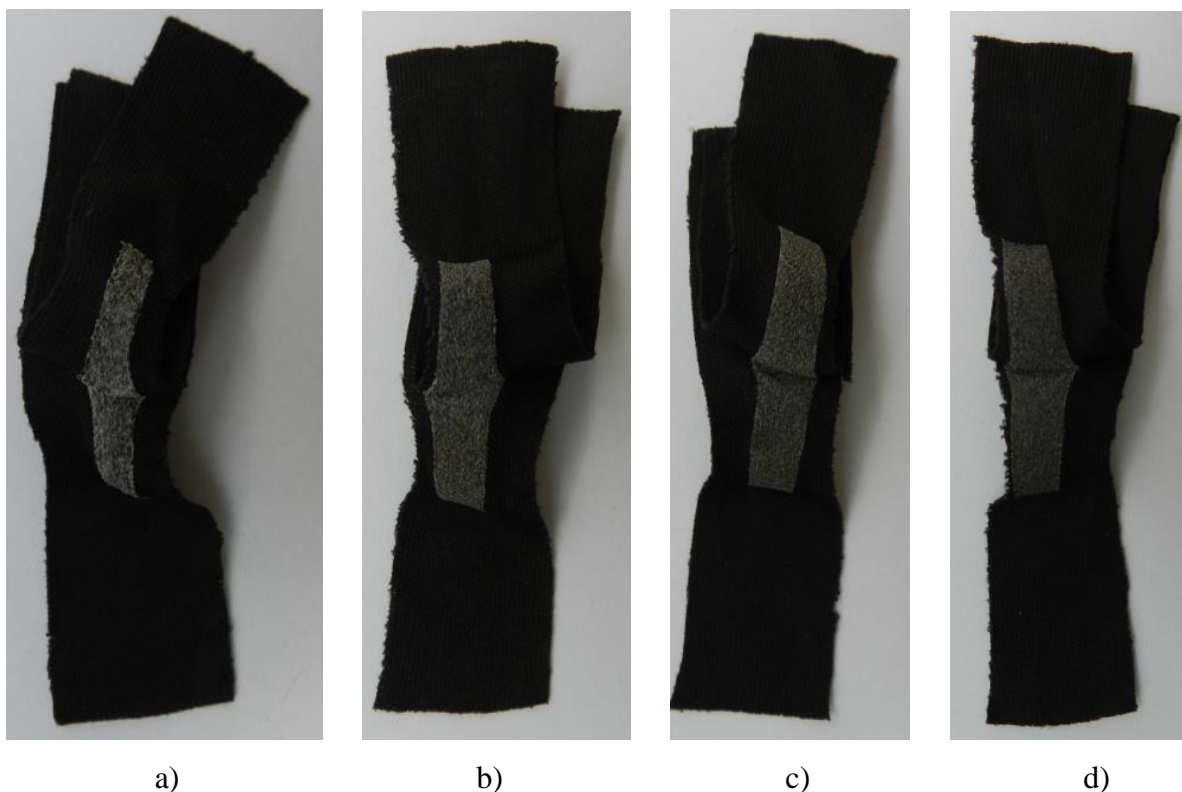
4.3.4 pav. A2 medžiagos bandiniai po išluksniavimo bandymo, kai presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

Naudojant storesnę plėvelę UAF-472 išluksniavimo stiprio vertės yra didesnės, lyginant kai yra naudojama plonesnė plėvelė UAF-415 (4.3.6 pav.).



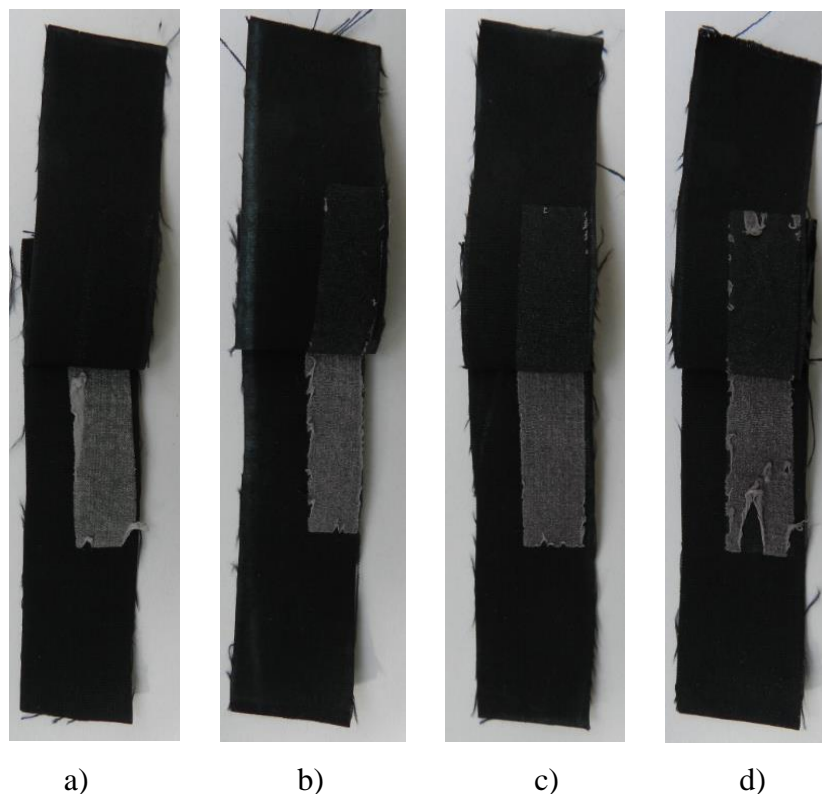
4.3.6 grafikas. Išluksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo trukmės, esant termoplastinei plėvelei UAF-472 (1,27 mm)

M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris didžiausias tada, kai yra 10 s presavimo trukmė – $6,12 \pm 0,36$ N/mm. Didėjant presavimo trukmei iki 20 s, išsluoksniavimo stipris sumažėja 28,9 % ir toliau kinta paklaidų ribose. Didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris, galima sakyti, kad nekinta. Pagal išsluoksniavimo pobūdį (4.3.7 pav.) matoma, kad klijai pakankamai gerai įsiskverbia į medžiagą visais atvejais. Kaip rodo stiprio vertės, esant 10 s presavimo trukmei, rezultatai išsiskiria iš kitų, taip ir išsluoksniavimo pobūdis pirmuoju atveju yra truputį kitoks. Klijuotinės siūlės vietoje ji yra labiau ištempta, negu ktais atvejais. Tai rodo, kad siūlei išsluoksniuoti reikėjo didesnės jėgos.



4.3.7 pav. M1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo kai, presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris didėja 22,3 %, didėjant presavimo trukmei nuo 10 s iki 20 s. Didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 30 s – gauti klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio rezultatai kinta paklaidų ribose, o nuo 30 s iki 40 s išsluoksniavimo stipris padidėja 31,3 %. Pagal išsluoksniavimo pobūdį (4.3.8 pav.), kaip ir esant prieš tai minėtiems režimams, A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimas yra toks pat. Klijai lieka ant vieno medžiagos sluoksnio.

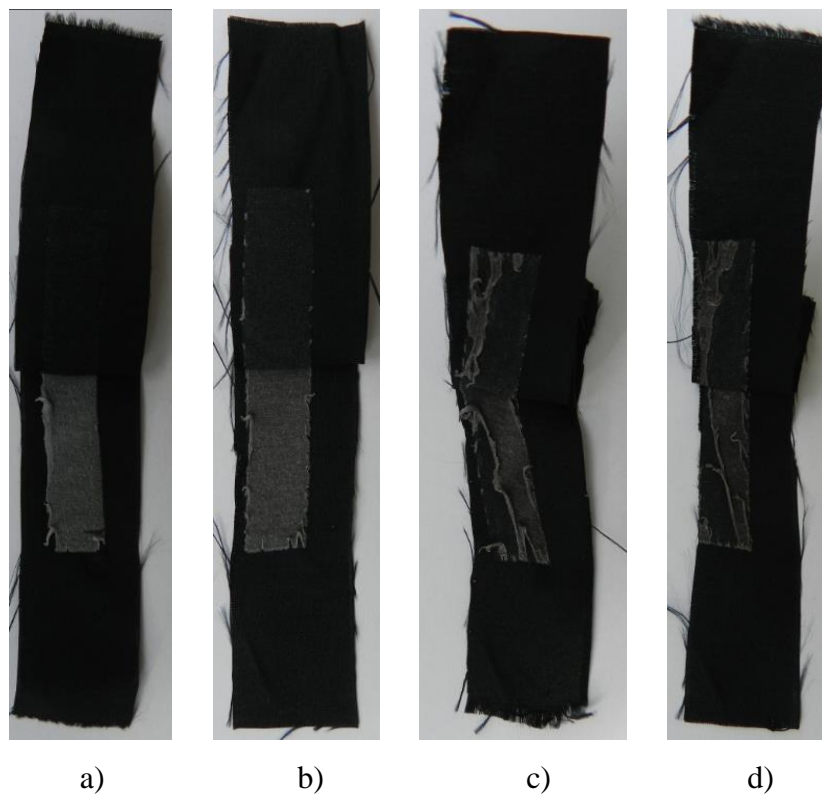


4.3.8 pav. A1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo, kai presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

A2 audinio išsluoksniavimo stiprio priklausomybė nuo presavimo trukmės nėra aiški, nes didėjant presavimo trukmei išsluoksniavimo stipris tai didėja, tai mažėja. Didžiausias išsluoksniavimo stiprio didėjimas matomas didėjant presavimo trukmei nuo 10 s iki 20 s, jis padidėja 17,6 %. Toliau didėjant presavimo trukmei, išsluoksniavimo stiprio sumažėjimas ir padidėjimas nesiekia 10 %, o gautų rezultatų vertės kinta paklaidų ribose. Tai rodo, kad esant 20 s ir didesnei presavimo trukmei, klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui presavimo trukmė įtakos neturi.

Lyginant M1 megztinės medžiagos ir A2 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio vertes, kai presavimo trukmės yra 20 s, 30 s ir 40 s, rezultatai parodė, kad šių dviejų medžiagų išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Jų elgsena, vertinant presavimo trukmės įtaką klijuotų sistemų stipriui, yra labai panaši. Rezultatų vertės išsiskiria kai presavimo trukmė yra 10 s.

Pagal išsluoksniavimo pobūdį (4.3.9 pav.) galima pasakyti, kuri presavimo trukmė yra tinkamesnė. Kai presavimo trukmė 10 s ir 20 s, išsluoksniavus siūlą, klijai lieka ant vieno medžiagos sluoksnio. O kai presavimo trukmė 30 s ir 40 s – klijai pasiskirsto ant abiejų medžiagos sluoksnių. Termoplastinė plėvelė tarsi plyšta pusiau išilgai.



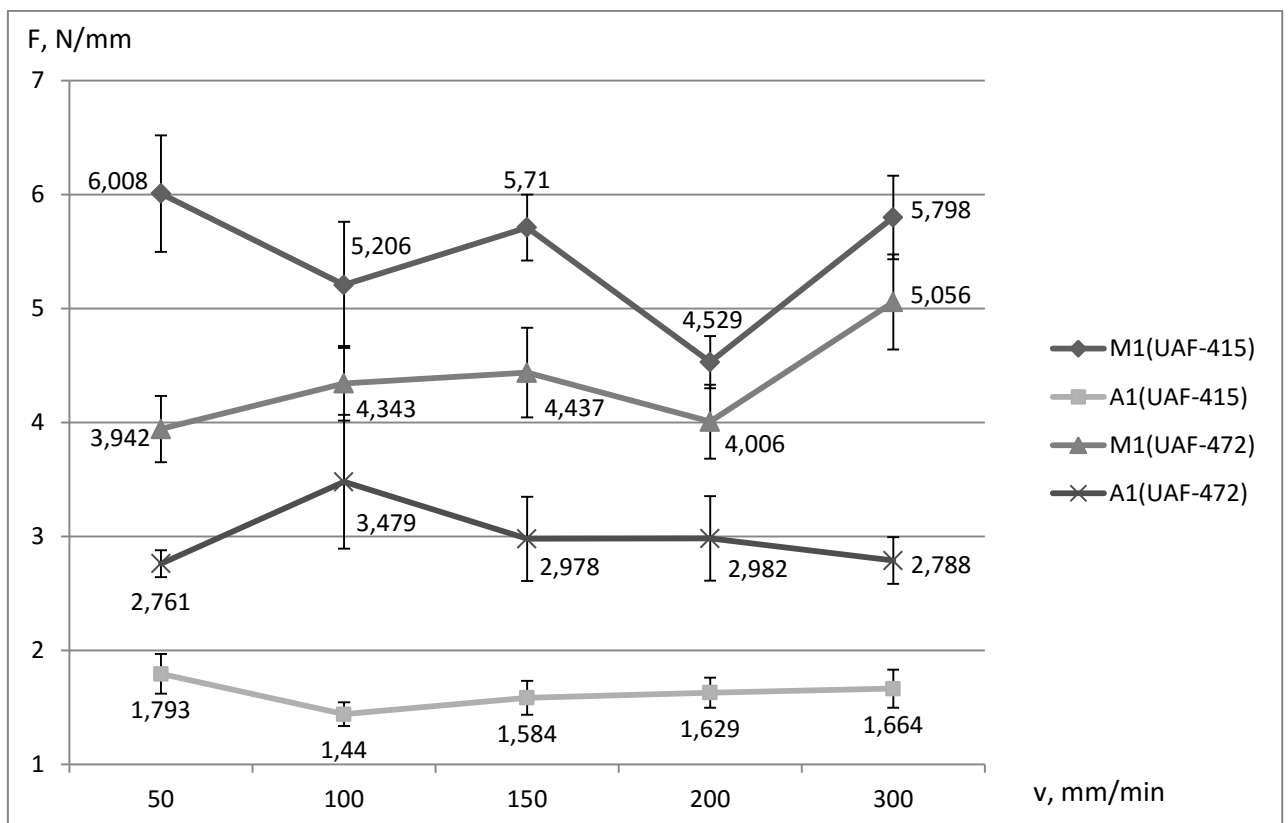
4.3.9 pav. A2 medžiagos bandiniai po išluoksniavimo bandymo, kai presavimo trukmė: a) 10 s, b) 20 s, c) 30 s, d) 40 s.

Apibendrinant gautus rezultatus galima padaryti tokias išvadas, vertinant presavimo trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui:

1. Kai naudojama plėvelė UAF-415 didžiausias išluoksniavimo stipris gaunamas esant 40 s presavimo trukmei. Išluoksniavimo stipris ženkliai padidėja, kai presavimo temperatūra keičiama nuo 20 s iki 30 s.
2. Didėjant presavimo trukmei, klijų skverbimasis į medžiagą didėja.
3. Kai naudojama plėvelė UAF-472, išluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės negu naudojant plėvelę UAF-415. Stiprio vertės daug didesnės jau esant 10 s presavimo trukmei.
4. Kai naudojama plėvelė UAF-472, M1 medžiagos klijuotų sistemų išluoksniavimo stipris, didėjant presavimo trukmei, mažėja. A1 audinio – didėja, o A2 audinio – iš pradžių padidėja, tada sumažėja, bet minimalios vertės nepasiekia.
5. Pagal medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo pobūdį pastebima, kad geriausiai klijai įsiskverbia į M1 medžiagą, kaip ir prieš tai nagrinėtame uždavinyje.

4.4. Išluoksniavimo greičio įtaka tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

Vertinant išluoksniavimo greičio įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui buvo tiriami bandiniai, esant skirtingiems išluoksniavimo greičiams $v = 50, 100, 150, 200, 300$ mm/min ir pastoviai 160°C temperatūrai bei pastoviai 20 s trukmei. Tokie režimai pasirinkti atsižvelgiant į gautus tyrimo rezultatus prieš tai nagrinėtuose išsikeltuose uždaviniuose. Buvo atsižvelgiama į tai, kad režimai būtų optimalūs. Apžvelgus gautas išluoksniavimo stiprio vertes buvo priimtas optimalus variantas, kuris tinka visoms medžiagoms. Taip pat buvo nuspręsta, kad tolimesniems tyrimams atlikti, bus naudojamos dvi tekstilės medžiagos, M1 ir A1. Kadangi tirtų audinių A1 ir A2 savybės ir rezultatų tendencijos buvo gautos panašios, todėl nėra būtina tirti abu audinius. 4.4.1 paveiksle pavaizduota tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stiprio priklausomybė nuo išluoksniavimo greičio.



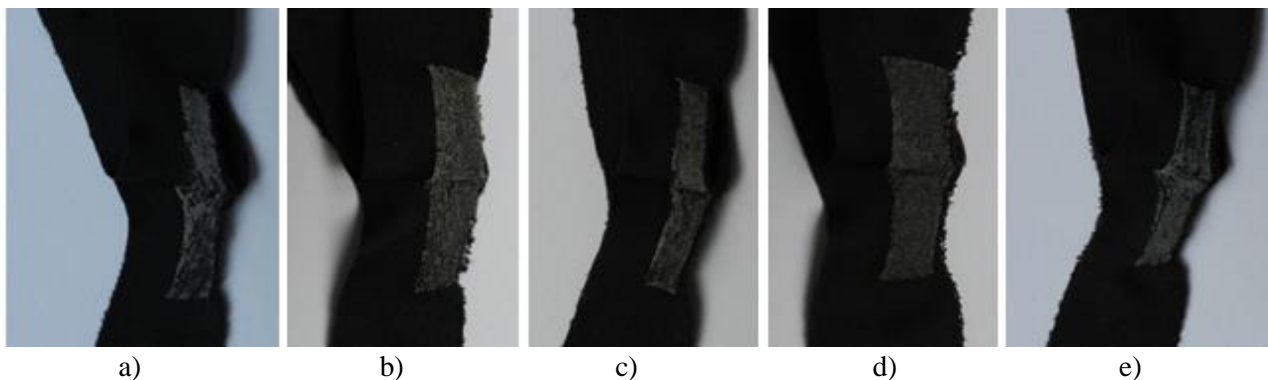
4.4.1 pav. Tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stiprio priklausomybė nuo išluoksniavimo greičio

M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išluoksniavimo stipris, naudojant plėvelę UAF-415, labiausiai pakinta didėjant išluoksniavimo greičiui nuo 200 mm/min iki 300 mm/min. Jis padidėja 21,9 %. Didžiausias išluoksniavimo stipris gaunamas tada, kai išluoksniavimo greitis yra 50 mm/min ($6,01 \pm 0,51$ N/mm), o mažiausias – kai išluoksniavimo greitis yra 200 mm/min

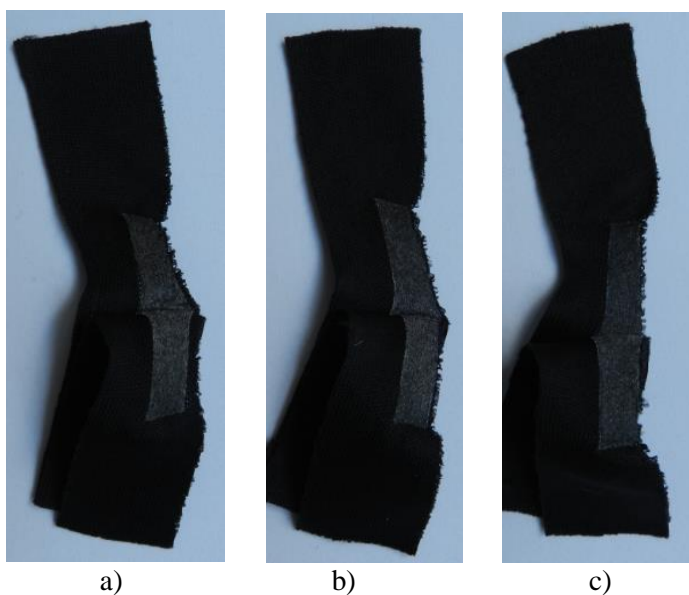
$\pm 0,23$ N/mm). Pastebimas žymus išluoksniavimo stiprio sumažėjimas, didinant greitį nuo 150 mm/min iki 200 mm/min greičio. Išluoksniavimo stipris sumažėja 20,7 %. Kai išluoksniavimo greitis yra 50 mm/min, 100 mm/min, 150 mm/min ir 200 mm/min gautos išluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Reikšmingos įtakos nėra.

Tuo tarpu naudojant plėvelę UAF-472, M1 megztinės medžiagos išluoksniavimo stipris kinta tolygiau iki 200 mm/min greičio, išluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Pirmiausia matomas išluoksniavimo stiprio padidėjimas 11,2 %, o greičiui didėjant nuo 150 mm/min iki 200 mm/min – išluoksniavimo stipris sumažėja 9,7 %. Didėjant greičiui nuo 200 mm/min iki 300 mm/min, išluoksniavimo stipris padidėja 20,8 %.

Pagal M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išluoksniavimo pobūdį (4.4.2 pav. ir 4.4.3 pav.) pastebima, kad greitis esminės įtakos išluoksniavimo pobūdžiui neturi. Išluoksniavimo pobūdžiui įtakos daro presavimo temperatūros ir trukmės keitimasis. M1 medžiagos atveju, plėvelės storis išluoksniavimo pobūdžiui įtakos taip pat nedaro.



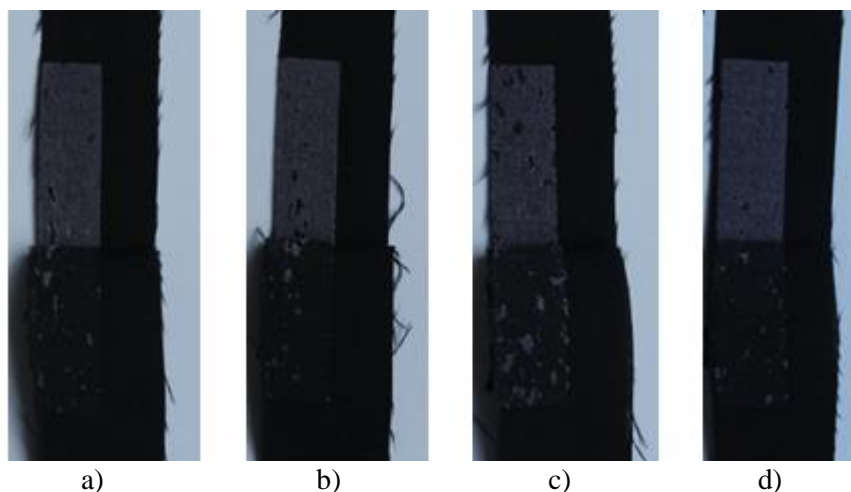
4.4.2 pav. M1 medžiagos bandiniai po išluoksniavimo bandymo (UAF-415), kai išluoksniavimo greitis: a) 50 mm/min, b) 100 mm/min, c) 150 mm/min d) 200 mm/min, e) 300 mm/min.



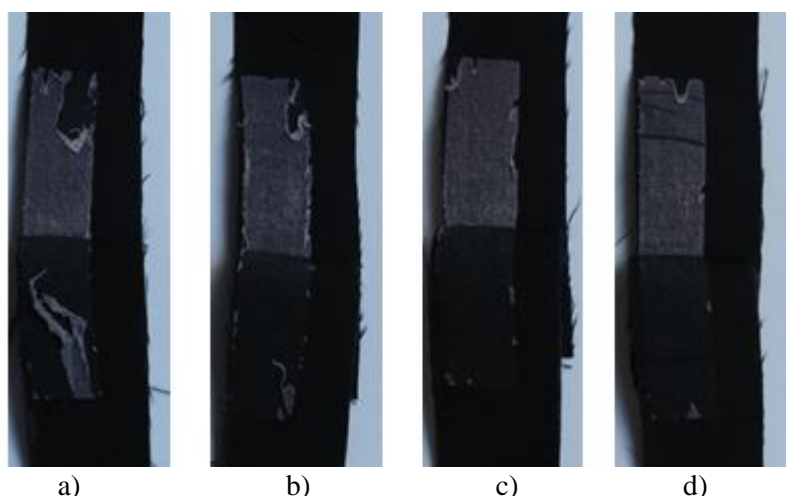
4.4.3 pav. M1 medžiagos bandiniai po išluoksniavimo bandymo (UAF-472) kai išluoksniavimo greitis: a) 100 mm/min, b) 150 mm/min, c) 300 mm/min.

A1 audinio klijuotų sistemų, naudojant plėvelę UAF-415, išsluoksniavimo stipris, didėjant išsluoksniavimo greičiui nuo 50 mm/min iki 100 mm/min, sumažėja 19,7 %. Toliau didėjant išsluoksniavimo greičiui nuo 100 mm/min iki 300 mm/min, išsluoksniavimo stipris tolygiai didėja 13,5 %. Atsižvelgiant į paklaidų ribas, gautos išsluoksniavimo vertės kinta paklaidų ribose. Išsluoksniavimo greitis A1 audiniui reikšmingos įtakos nedaro.

A1 audinio klijuotų sistemų, naudojant plėvelę UAF-472, išsluoksniavimo stipris keičiasi priešingai, negu naudojant plėvelę UAF-415. Didėjant išsluoksniavimo greičiui nuo 50 mm/min iki 100 mm/min, išsluoksniavimo stipris padidėja 20,6 %. Toliau didėjant išsluoksniavimo greičiui nuo 100 mm/min iki 300 mm/min, išsluoksniavimo stipris sumažėja 19,9 %, o gautos vertės svyruoja paklaidų ribose. Lyginant skirtingas termoplastines plėveles, jų elgsena išsluoksniavimo stiprio atžvilgiu yra priešinga.



4.4.4 pav. A1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo (UAF-415) kai išsluoksniavimo greitis: a) 100 mm/min, b) 150 mm/min c) 200 mm/min, d) 300 mm/min.



4.4.5 pav. A1 medžiagos bandiniai po išsluoksniavimo bandymo (UAF-472) kai išsluoksniavimo greitis: a) 100 mm/min, b) 150 mm/min c) 200 mm/min, d) 300 mm/min.

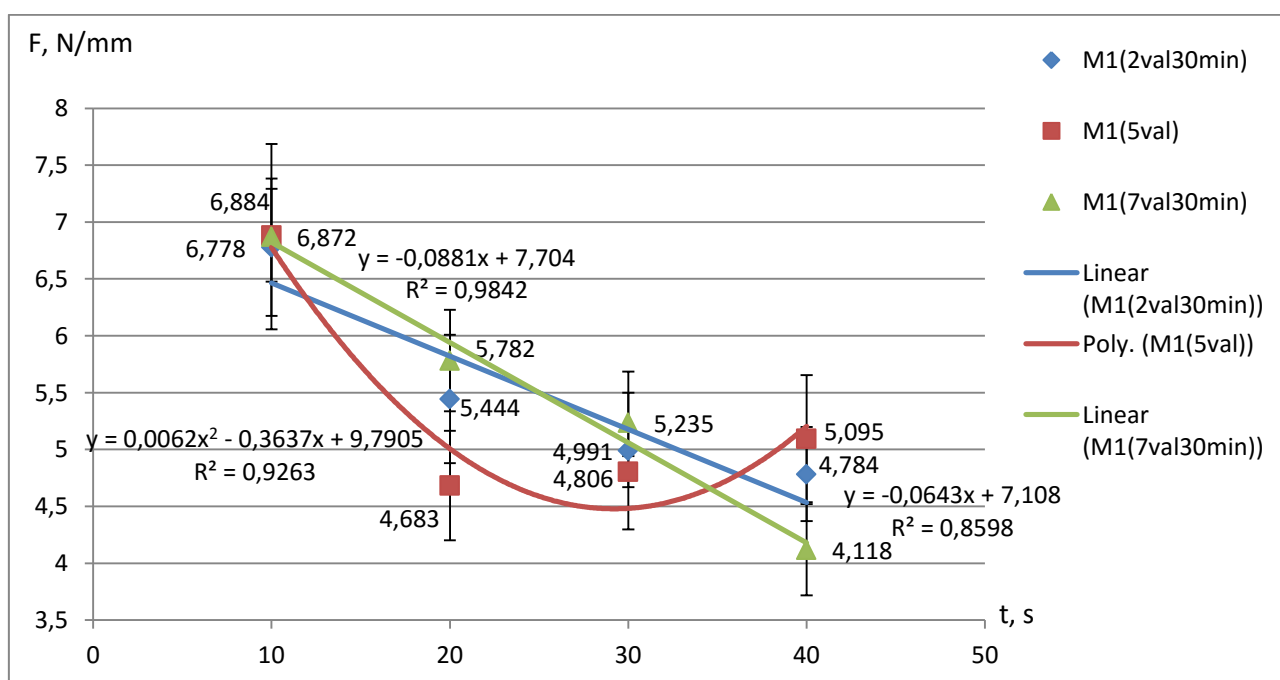
4.4.4 ir 4.4.5 paveiksluose, matyti, kad išsluoksniavimo greitis, taip pat kaip ir M1 megztinės medžiagos bandiniuose, neturi įtakos išsluoksniavimo pobūdžiui. Tačiau priešingai negu M1 megztinės medžiagos atveju, termoplastinės plėvelės storis turi įtakos A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdžiui.

Apibendrinant gautus rezultatus galima padaryti tokias išvadas vertinant išsluoksniavimo greičio įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui:

1. M1 medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris didžiausias tada, kai naudojama UAF-415 termoplastinė plėvelė ir kai išsluoksniavimo greitis yra 50 mm/min.
2. A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris didžiausias tada, kai naudojama UAF-472 termoplastinė plėvelė ir kai išsluoksniavimo greitis yra 100 mm/min.
3. Klijuotų sistemų išsluoksniavimo greitis neturi įtakos išsluoksniavimo pobūdžiui.

4.5. Poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaka tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

Vertinant poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipriui buvo tiriami bandiniai esant skirtingoms presavimo trukmėms $t = 10$ s, 20 s, 30 s, 40 s, bei pastoviai presavimo temperatūrai $T = 150$ °C. Kaitinimo trukmės: $t_{k1} = 2$ h 30 min, $t_{k2} = 5$ h, $t_{k3} = 7$ h 30 min. Kaitinimo temperatūra 45 ± 5 °C. Plėvelė UAF – 472, išsluoksniavimo greitis – 50 mm/min.



4.5.1 pav. M1 medžiagos klijuotinių sistemų išlaikymo krosnelėje trukmės įtaka išsluoksniavimo stipriui

Po 2 val. 30 min M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipris tolygiai mažėja 29,4 % (4.5.1 pav.). Išlaikius bandinius krosnelėje 5 val., klijuotos sistemos, kurių presavimo trukmė keitėsi nuo 10 s iki 20 s, išsluoksniavimo stipris sumažėja 32 %, tačiau didėjant presavimo trukmei nuo 20 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris padidėja 8,1 %. Po 7val. 30 min klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipris, didėjant presavimo trukmei sumažėja 40,1 %.




Klijuotinės sistemos, kurių presavimo trukmė 10 s, 20 s ir 30 s, išlaikius krosnelėje 7 val. 30 min išsluoksniavimo stipris yra didžiausias. Palaikymas aukštoje temperatūroje šiuo atveju sustiprino siūles. Tačiau, jeigu presavimo trukmė yra didesnė nei 30 s, šiuo atveju esant 40 s presavimo trukmei, išsluoksniavimo stipris yra mažiausias.

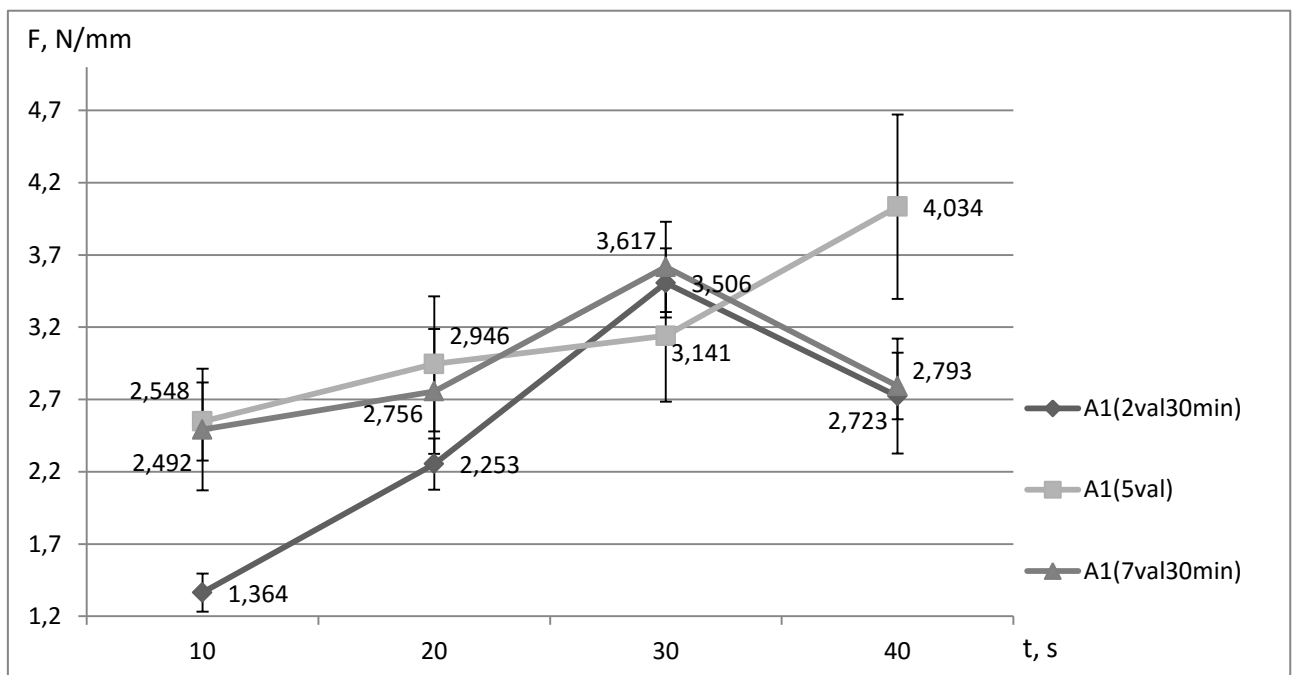
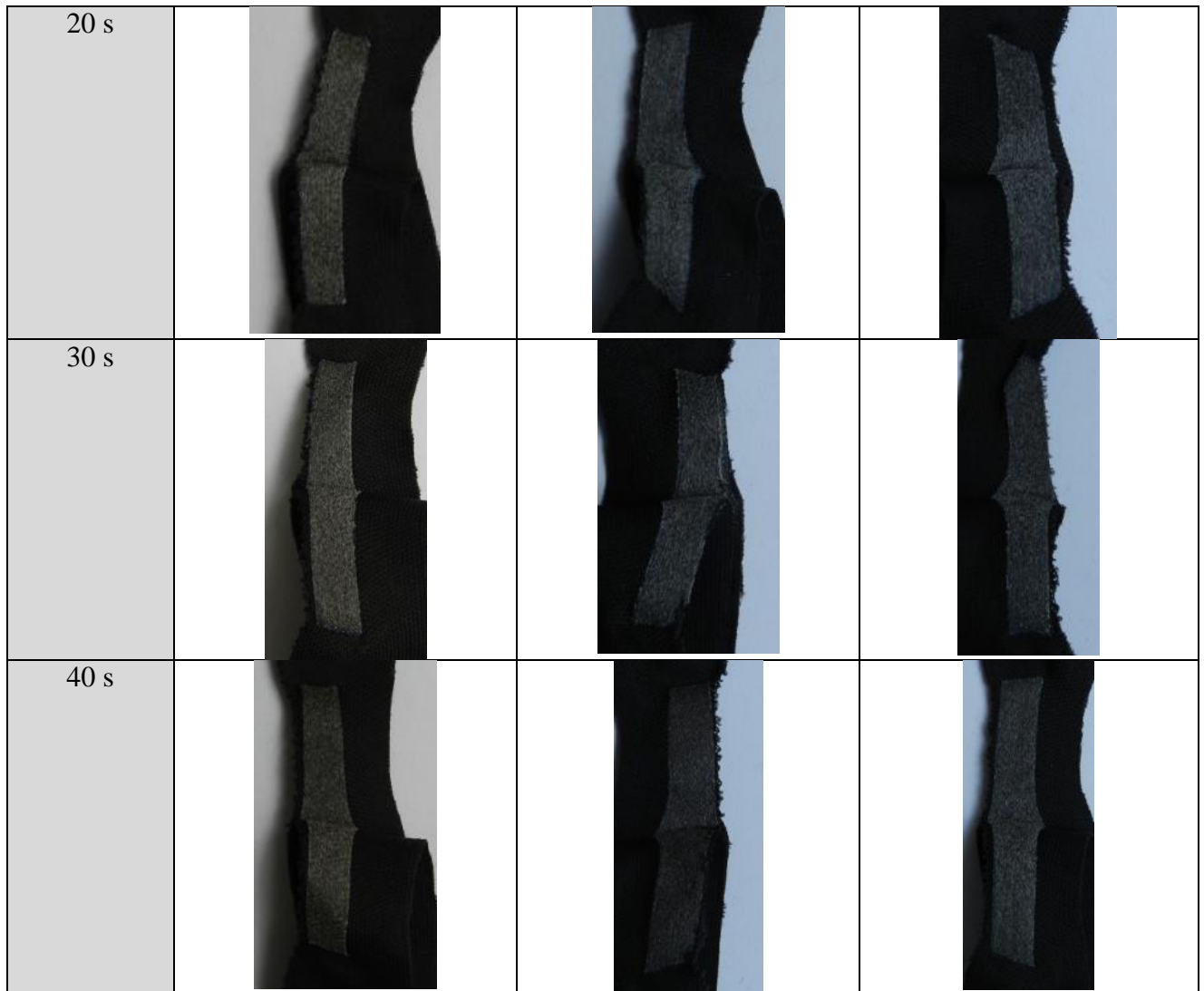
Lyginant tarpusavyje išsluoksniavimo stiprio vertes kai yra vienoda presavimo trukmė, bet skirtinga išlaikymo krosnelėje trukmė, rezultatai parodė, kad poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmė neturi įtakos, nes išsluoksniavimo stiprio vertės, esant skirtingai išlaikymo krosnelėje trukmei, svyruoja paklaidų ribose.

M1 megztinės medžiagos, kai išlaikymo krosnelėje trukmė yra 2 val. 30 min ir 5 val., o presavimo trukmė 20 s, 30 s ir 40 s, gautos išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Kai išlaikymo trukmė 7 val. 30 min – paklaidų ribose kinta rezultatai gauti esant 20 s ir 30 s presavimo trukmei. Reikšminga įtaka yra tada, kai presavimo trukmė visais atvejais didinama nuo 10 s iki 20 s.

M1 medžiagos klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdis visais atvejais yra vienodas (4.5.1 lentelė). Klizai lieka ant abiejų medžiagos sluoksnių.

4.5.1 lentelė. M1 medžiagos klijuotos sistemos po išsluoksniavimo bandymo

Presavimo trukmė	Poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmė		
	2 val. 30 min	5 val.	7val. 30 min
10 s			






4.5.2 pav. A1 audinio klijuotinių sistemų išlaikymo krosnelėje trukmės įtaka išsluoksniavimo stipriui










A1 audinio klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipris, po išlaikymo krosnelėje 2 val. 30 min, didėja 61,1 % esant presavimo trukmei nuo 10 s iki 30 s (4.5.2 pav.). Didinant presavimo trukmę nuo 30 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris pradeda mažėti (22,3 %). Presavimo trukmė turi įtakos A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui, kai bandiniai krosnelėje yra laikomi 2 val. 30 min. Išlaikius krosnelėje 5 val., klijuotinių sistemų išsluoksniavimo stipris tolygiai didėja 36,8 %, gautos vertės kinta paklaidų ribose. Išlaikius krosnelėje 7 val. 30 min, išsluoksniavimo stiprio kitimas tendencingas klijuotines sistemas išlaikius 2 val. 30 min, tačiau reikšminga įtaka yra tada, kai presavimo trukmė yra 30 s. Esant 10 s, 20 s ir 40 s presavimo trukmei, išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Išsluoksniavimo stipris didėja 31,1 % , didėjant presavimo trukmei nuo 10 s iki 30 s. . Didinant presavimo trukmę nuo 30 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris sumažėja 22,8 %.

Kai presavimo trukmė yra 10 s, o išlaikymo krosnelėje trukmės 5 val. ir 7 val. 30 min, rezultatai parodė, kad išsluoksniavimo stiprio vertės svyruoja paklaidų ribose. Mažiausias išsluoksniavimo stipris gaunamas, kai poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmė yra 2 val. 30 min. Veikiant bandinius aukšta išorinės aplinkos temperatūra 5 val. ir ilgiau, išsluoksniavimo stiprio vertės padidėja ir kinta paklaidų ribose. Tokia pati rezultatų tendencija pastebima ir esant 20 s presavimo trukmei. Kai presavimo trukmė 30 s, poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmė įtakos neturi, nes išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Kai presavimo trukmė 40 s, o poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės yra 2 val. 30 min ir 7 val. 30 min, išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose. Rezultatų vertės išsiskiria, esant 5 val. išlaikymo krosnelėje trukmei. Išsluoksniavimo stiprio vertė ženkliai didesnė, lyginant kai išlaikymo krosnelėje trukmės 2 val. 30 min ir 7 val. 30 min.

Pagal išsluoksniavimo pobūdį (4.5.2 lentelė) matyti, kad esant skirtingoms presavimo trukmėms, A1 medžiagos klijuotinių sistemų išsluoksniavimo pobūdis skiriasi. Didėjant išlaikymo krosnelėje trukmei, klijų plėvelė labiau skverbiasi į audinį ir sunkiau išsisluokniuoja.

4.5.2 lentelė. A1 audinio klijuotos sistemos po išsluoksniavimo bandymo

Presavimo trukmė	Išlaikymo krosnelėje trukmė		
	2 val. 30 min	5 val.	7val. 30 min
10 s			

20 s			
30 s			
40 s			

Apibendrinant gautus rezultatus galima padaryti tokias išvadas vertinant poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui:

1. Rezultatai parodė, kad tiek M1 megztinės medžiagos, tiek A1 audinio išsluoksniavimo stiprio kitimo tendencija išsiskiria, kai išlaikymas krosnelėje yra 5 val. Kai išlaikymo krosnelėje trukmė 2 val. 30 min ir 7 val. 30 min išsluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencijos yra panašios.
2. Vertinant išsluoksniavimo stiprio vertes kai yra vienoda presavimo trukmė, bet skirtingos išlaikymo krosnelėje trukmės, rezultatai parodė, kad M1 megztinės medžiagos klijuotoms sistemoms poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmė neturi įtakos.
3. A1 audinio klijuotų sistemų išsluoksniavimo pobūdis skiriasi, esant skirtingoms presavimo trukmėms ir skirtingoms išlaikymo krosnelėje trukmėms.

Išvados

1. Presavimo temperatūra ir trukmė turi įtakos tik M1 megztinės medžiagos klijuotų sistemų storiui. Minėtiems parametrams didėjant, M1 megztinės medžiagos klijuotos sistemos storis mažėja. Lyginant suminį sistemos storį su klijuotų sistemų storiu po presavimo, visais atvejais suminis sistemos storis yra didesnis, o atsižvelgiant į termoplastinės plėvelės storį, rezultatai parodė, kad A1 ir A2 audinių klijuotų sistemų storiai yra didesni naudojant storesnę plėvelę UAF-472.
2. Vertinant presavimo temperatūros įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui, rezultatai parodė, kad didesnę įtaką išsluoksniavimo stipriui presavimo temperatūra daro, kai naudojama plonesnė termoplastinė plėvelė (UAF-415), o didžiausias išsluoksniavimo stipris gaunamas esant 160 °C presavimo temperatūrai.
3. Vertinant presavimo trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui, rezultatai parodė, kad naudojant storesnę termoplastinę plėvelę (UAF-472), išsluoksniavimo stipris yra didesnis, o presavimo trukmei didėjant nuo 10 s iki 20 s patebina reikšminga įtaka klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui: A1 ir A2 audinių išsluoksniavimo stipris didėja, M1 megztinės medžiagos – mažėja.
4. Vertinant išsluoksniavimo greičio įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui rezultatai parodė, kad išsluoksniavimo greičio didėjimas reikšmingos įtakos išsluoksniavimo stipriui neturi.
5. Vertinant poveikio aukšta išorinės aplinkos temperatūra trukmės įtaką tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui, rezultatai parodė, kad išsluoksniavimo stiprio kitimo tendencija labiausiai išsiskiria kai išlaikymo krosnelėje trukmė yra 5 val. Gaunama didžiausia išsluoksniavimo stiprio vertė.
6. Atsižvelgiant į tyrimo gautus rezultatus, pateikiami optimalūs technologiniai parametrai:
 - Naudojant plonesnę plėvelę UAF-415 (0,762 mm):
 - o $t = 20$ s ir $T = 160$ °C,
 - o $t = 40$ s ir $T = 140$ °C.
 - Naudojant storesnę plėvelę UAF-472 (1,27 mm):
 - o $t = 20$ s ir $T = 140$ °C,
 - o A1 ir A2 audiniams $t = 40$ s ir $T = 140$ °C,
 - o M1 megztinei medžiagai $t = 10$ s ir $T = 140$ °C.

Literatūros sąrašas

1. BOLES, K. Examination of Alternative Fabric Joining Techniques Compared to Traditional Sewing. *McNair Scholars Research Journal*, 2012, vol. 5, no. 1. pp. 3.
2. GHOSH, S. and REDDY, R. Ultrasonic Sealing of Polyester and Spectra Fabrics using Thermo Plastic Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 2009, vol. 113, no. 2. pp. 1082-1089.
3. JANA, P. Assembling Technologies for Functional garments—An Overview. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2011, vol. 36, no. 4. pp. 380.
4. RATAUSKAS, S.A., E. STRAZDIENĖ, ir A. GULBINIENĖ. *Aiškinamasis aprangos terminų žodymas*. Kaunas: Technologija, 2014. ISBN 978-609-02-1042-0.
5. MIKNEVIČIŪTĖ, V. and MASTEIKAITĖ, V. Klijuotinių Siūlių Stiprumo Tyrimas. *Gaminių Technologijos Ir Dizainas 2008 : Konferencijos Pranešimų Medžiaga*, 2008. pp. 154-158 ISSN 1822-492X.
6. DRAGCEVIC, Z., et al. Investigation of the Strength of Ultrasonically Welded Sails. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2007, vol. 19, no. 3/4. pp. 204-214.
7. GORCHAKOVA, V., BATALENKOVA, V. and IZMAILOV, B. Autoadhesive Bonding of Modified Polyester Fibres. *Fibre Chemistry*, 2003, vol. 35, no. 1. pp. 39-40.
8. MASTEIKAITĖ, V. *Drabužių Kokybė: Vadovėlis*. Kaunas: Technologija, 2007 ISBN 9789955252276.
9. BUSILIENĖ, G., STRAZDIENĖ, E., URBELIS, V. and KRAULEDAS, S. The Effect of Bonded Seams upon Spatial Behaviour of Knitted Materials Systems. *Materials Science*, 2015, vol. 21, no. 2. pp. 271-275.
10. BEREIŠIENĖ, T., JAKUBČIONIENĖ, Ž. and MASTEIKAITĖ, V. Aprangos Elementų Jungimo Termoplastine Plėvele Ypatumai. *Gaminių Technologijos Ir Dizainas 2010 : Konferencijos Pranešimų Medžiaga*, 2010. pp. 24-29 ISSN 1822-492X.
11. JAKUBČIONIENĖ, Ž. and MASTEIKAITĖ, V. Investigation of Textile Bonded Seams. *Materials Science = Medžiagotyra*, 2010, vol. 16, no. 1. pp. 76-79 ISSN 1392-1320.
12. SERAM, N. and NANDASIRI, T. A Comparison between Bonding and Sewing: Application in Sports Performance Wear. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 2015, vol. 3, no. 8. pp. 343.
13. EBNESAJJAD, S. and LANDROCK, A.H. *Adhesives Technology Handbook*. Third Edition. USA: William Andrew, 2009. ISBN: 978-0-323-35595-7.

14. CHENG YIM MAN, JANICE. *Peformance of adhesive bonded seams of seamless ladies' panty upon repeated dress cycles*. Institute of textile & clothing. The Hong Kong polytechnic university, 2010.
15. JEONG, W.Y. and AN, S.K. Mechanical Properties of Breathable Waterproof Fabrics with Seaming and Sealing Processes. *Fibers and Polymers*, 2004, vol. 5, no. 4. pp. 316-320.
16. BEMIS, *Adhesive Films, Coatings, Specialty Films and Seam Tape* [žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.bemisworldwide.com/faqs>
17. BEMIS, *Adhesive Films, Coatings, Specialty Films and Seam Tape* [žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.bemisworldwide.com/library/library.html>
18. Framis Italia, *Tape – Films* [žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.framis.it/noso-tapes-films/>
19. Adhesive Films, Inc., [žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: http://www.adhesivefilms.com/Who_is_AFI.html
20. LUKOŠEVIČIENĖ, Natalija. *Klijavimo metodų taikymas siuvant drabužius: paskaitų konspektas*. Antras leidimas. Vilnius: 1989.
21. JAKUBČIONIENĖ, Ž., et al. Investigation of the Strength of Textile Bonded Seams. *Materials Science*, 2012, vol. 18, no. 2. pp. 172-176.
22. MARINELLI, J. and LAMBING, C. Advancements in Welding Technology for Composite-to-Metallic Joints. *Journal of Advanced Materials*, 1994, vol. 25, no. 3. pp. 20-27.
23. PODERSKIS, S. and GULBINIENĖ, A. Technologinių Parametrų Įtaka Tekstilinių Laminatų Klijuotinių Siūlių Išsluoksniavimo Stipriui. *Gaminių Technologijos Ir Dizainas 2011 : Konferencijos Pranešimų Medžiaga*, 2011. pp. 174-177 ISSN 1822-492X.
24. KRAMER, P.F. *Method of Forming and Adhesively Bonded Seam*, 2006. [žiūrėta 2016 m. balandžio 24 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.google.com/patents/US7005021>
25. BEMIS: *Sewfree Products*. [žiūrėta 2016 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bemisworldwide.com/products/sewfree>
26. BHAT, G.S., JANGALA, P.K. and SPRUIELL, J.E. Thermal Bonding of Polypropylene Nonwovens: Effect of Bonding Variables on the Structure and Properties of the Fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 2004, vol. 92, no. 6. pp. 3593-3600.
27. KOLPACHEVSKAYA, N., GORCHAKOVA, V., IZMAILOV, B. and BATALENKOVA, V. Development of Technology for High-Strength Nonwoven Materials. *Fibre Chemistry*, 2006, vol. 38, no. 2. pp. 111-114.

28. YANG, C., GAO, P. and XU, B. Investigations of a Controllable Nanoscale Coating on Natural Fiber System: Effects of Charge and Bonding on the Mechanical Properties of Textiles. *Journal of Materials Science*, 2009, vol. 44, no. 2. pp. 469-476.
29. DARWISH, N., EL-WAKIL, A. and ABOU-KANDIL, A.I. Effect of Bonding Systems and Antioxidants on the Adhesion between EPDM Rubber and Polyester Fabric. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 2009, vol. 29, no. 7. pp. 745-749.
30. COMYN, J. Surface Treatment and Analysis for Adhesive Bonding. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 1990, vol. 10, no. 3. pp. 161-165.
31. PACKHAM, D.E. *Handbook of Adhesion*. Second edition. Willey & Sons Ltd, 2005: 638 p.
32. BEMIS, *Adhesive Films, Coatings, Specialty Films and Seam Tape* [žiūrėta 2016 m. balandžio 14 d.] Prieiga per internetą: <http://www.bemisworldwide.com>
33. AETHER, *Journal, Seam-Sealed Construction*, [žiūrėta 2016 m. balandžio 5 d.] Prieiga per internetą: <http://journal.aetherapparel.com/2015/03/30/seam-sealed-construction/>
34. BEMIS, *Adhesive Films, Coatings, Specialty Films and Seam Tape* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: <http://www.bemisworldwide.com/industries/apparel>
35. Alibaba.com, *Product, Detail* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: https://www.alibaba.com/product-detail/Victoria-TPU-Hot-Melt-Adhesive-Weldable_486935310.html
36. DIYTrade, *Home, Products, Textile & Leather, Textile Accessories, Other Textile Accessories* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: http://www.diytrade.com/china/pd/12838370/reflect_light_Decorative_Overlay_Film_for_sewfree_pocket.html
37. Alibaba.com, *Product, Detail* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: https://www.alibaba.com/product-detail/shanghai-hanfor-Vintage-Full-Briefs-and_1900532134/showimage.html
38. DICK'S Sporting Goods, *Home, Apparel, Women's Apparel, Underwear* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: <http://www.dickssportinggoods.com/product/index.jsp?productId=32179996>
39. STORMTECH PERFORMANCE DISTRIBUTOR, *Home, Products* [žiūrėta 2016 m. balandžio 17 d.] Prieiga per internetą: http://www.stormtech.ca/xbr-1-laser-tech-h2xtremer-shell.html?store=st_dist
40. HUNG K. and WONG L. *Women's Underwear Design & Pattern-Making Technology*. Tong Hua University, Shanghai, 2007.
41. SHISHOO, R. *Textiles in Sport*. Elsevier, 2005.

42. GUTAUSKAS, M.V. and MASTEIKAITĖ, V. Mechanical Stability of Fused Textile Systems. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1997, vol. 9, no. 4-5. pp. 360-366 ISSN 0955-6222.
43. JANKAUSKAITĖ, V. and FATARAITĖ, E. *Polimerinės Dangos Ir jų Formavimas: Mokomoji Knyga*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 2008 ISBN 9789986388791.
44. SIMMONS, T., et al. *Effects of Welding Parameters on Seam Strength of Thermoplastic Polyolefin TPO Roofing Membranes*. , 1999.
45. BILIUTAVIČIŪTĖ, E., SADZEVIČIŪTĖ, E. and MASTEIKAITĖ, V. Drabužių Klijuotomis Detalėmis Projektavimas. *Gaminių Technologijos Ir Dizainas 2008 : Konferencijos Pranešimų Medžiaga*, 2008. pp. 91-94 ISSN 1822-492X.
46. *LST ISO 3801:1998. Tekstilės Medžiagos. Audiniai. Ilginio Ir Paviršinio Nustatymas*. 1-asis leid. ed. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1998. 12 p.
47. *LST EN 1049-2:1998. Tekstilės Medžiagos. Audiniai. Sandara. Bandymo būdas. 2 dalis. Siūlų skaičiaus vienetiniame ilgyje nustatymas (modifikuotas ISO 7211-2:1984)* Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1998. 11 p.
48. *LST EN ISO 139:2006]. Tekstilė. Standartinė Kondicionavimo Ir Bandymo Aplinka (ISO 139:2005): Europos Standartas EN ISO 139:2005 Turi Lietuvos Standarto Statusą = Textiles - Standard Atmospheres for Conditioning and Testing*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006.

PRIEDAI

1 Priedas. Matavimų duomenys ir statistinė analizė

1P lentelė. Tekstilės medžiagų matavimo duomenys ir statistinė analizė.

Medžiagos kodas	Band. Nr.	Masė, g	Storis, mm	Pav. tankis, g/m ²
M1	1	1,13	0,56	113
	2	1,16	0,55	116
	3	1,08	0,58	108
	4	1,11	0,56	111
	5	1,18	0,55	118
Vidurkis:		1,13	0,56	113,2
Vid. kv. nuokrypis		0,04	0,01	3,96
Dispersija		0,0016	0,0001	15,7
Variacijos koef. v, %		3,5	2,19	3,5
Abs. ats. paklaida		0,05	0,02	4,92
Sant.ats. paklaida, %		4,35%	2,72%	4,35%
Pasikl.intervalas		[1,08; 1,18]	[0,54; 0,58]	[108,28; 118,12]
A1	1	1,50	0,28	150
	2	1,48	0,28	148
	3	1,52	0,28	152
	4	1,52	0,28	152
	5	1,51	0,29	151
Vidurkis:		1,506	0,282	150,6
Vid. kv. nuokrypis		0,017	0,0045	1,6733
Dispersija		3E-04	2E-05	2,8
Variacijos koef. v, %		1,111	1,5859	1,1111
Abs. ats. paklaida		0,021	0,0056	2,0774
Sant.ats. paklaida, %		1,379	1,9688	1,3794
Pasikl.intervalas		[1,485; 1,527]	[0,2764; 0,2876]	[148,52; 152,68]
A2	1	0,90	0,15	90
	2	0,89	0,14	89
	3	0,91	0,15	91
	4	0,89	0,15	89
	5	0,90	0,15	90
Vidurkis:		0,898	0,148	89,8
Vid. kv. nuokrypis		0,008	0,004	0,8367
Dispersija		7E-05	2E-05	0,7
Variacijos koef. v, %		0,932	3,022	0,9317
Abs. ats. paklaida		0,01	0,006	1,0387
Sant.ats. paklaida, %		1,157	3,751	1,1567
Pasikl.intervalas		[0,888; 0,908]	[0,142; 0,154]	[88,761; 90,839]

2P lentelė. Suklijuotų sistemų storių matavimo duomenys ir statistinė analizė

Laikas	Band. Nr.	M1	A1	A2
		Storis, mm		
Plėvelė UAF-415 (0,762 mm)				
140°C				
t = 10s	1	0,90	0,48	0,31
	2	0,89	0,47	0,32
	3	0,87	0,47	0,31

	4	0,86	0,46	0,31
	5	0,88	0,49	0,31
Vidurkis:		0,88	0,47	0,31
Vid. kv. nuokrypis		0,02	0,01	0,004
Dispersija		0,0003	0,0001	2E-05
Variacijos koef. v, %		1,80	2,41	1,43
Abs. ats. paklaida		0,02	0,01	0,006
Sant.ats. paklaida, %		2,23	2,99	1,78
Pasikl.intervalas		[0,86; 0,90]	[0,46; 0,49]	[0,31; 0,32]
t = 20s	1	0,87	0,47	0,31
	2	0,83	0,46	0,34
	3	0,84	0,47	0,31
	4	0,83	0,46	0,31
	5	0,84	0,45	0,31
Vidurkis:		0,84	0,46	0,32
Vid. kv. nuokrypis		0,02	0,01	0,01
Dispersija		0,0003	7E-05	0,0002
Variacijos koef. v, %		1,95	1,81	4,25
Abs. ats. paklaida		0,02	0,01	0,02
Sant.ats. paklaida, %		2,42	2,25	5,27
Pasikl.intervalas		[0,82; 0,86]	[0,45; 0,47]	[0,30; 0,33]
t = 30s	1	0,80	0,45	0,31
	2	0,81	0,44	0,31
	3	0,78	0,45	0,32
	4	0,77	0,46	0,31
	5	0,78	0,46	0,30
Vidurkis:		0,79	0,45	0,31
Vid. kv. nuokrypis		0,02	0,01	0,01
Dispersija		0,0003	7E-05	5E-05
Variacijos koef. v, %		2,09	1,85	2,28
Abs. ats. paklaida		0,02	0,01	0,01
Sant.ats. paklaida, %		2,59	2,30	2,83
Pasikl.intervalas		[0,77; 0,81]	[0,44; 0,46]	[0,30; 0,32]
t = 40s	1	0,78	0,44	0,30
	2	0,75	0,44	0,31
	3	0,78	0,45	0,32
	4	0,79	0,44	0,31
	5	0,76	0,45	0,31
Vidurkis:		0,77	0,44	0,31
Vid. kv. nuokrypis		0,02	0,01	0,01
Dispersija		0,0003	3E-05	5E-05
Variacijos koef. v, %		2,13	1,23	2,28
Abs. ats. paklaida		0,02	0,01	0,01
Sant.ats. paklaida, %		2,64	1,53	2,83
Pasikl.intervalas		[0,75; 0,79]	[0,44; 0,45]	[0,30; 0,32]
Plėvelė UAF-415 (0,762 mm)				
t = 20s				
temp 140°C	1	0,90	0,48	0,31
	2	0,89	0,48	0,32
	3	0,90	0,47	0,32
	4	0,88	0,47	0,32
	5	0,90	0,46	0,33
Vidurkis:		0,894	0,472	0,32

Vid. kv. nuokrypis		0,009	0,008	0,007
Dispersija		8E-05	7E-05	5E-05
Variacijos koef. v, %		1,0005	1,773	2,21
Abs. ats. paklaida		0,011	0,01	0,009
Sant.ats. paklaida, %		1,242	2,201	2,743
Pasikl.intervalas		[0,883; 0,905]	[0,462; 0,482]	[0,311; 0,329]
temp 150°C	1	0,85	0,47	0,31
	2	0,92	0,47	0,32
	3	0,92	0,47	0,31
	4	0,88	0,46	0,31
	5	0,84	0,47	0,32
Vidurkis:		0,882	0,468	0,312
Vid. kv. nuokrypis		0,038	0,004	0,004
Dispersija		0,001	2E-05	2E-05
Variacijos koef. v, %		4,272	0,956	1,433
Abs. ats. paklaida		0,047	0,006	0,006
Sant.ats. paklaida, %		5,304	1,186	1,779
Pasikl.intervalas		[0,835; 0,929]	[0,462; 0,474]	[0,306; 0,318]
temp 160°C	1	0,79	0,50	0,31
	2	0,80	0,49	0,34
	3	0,77	0,46	0,30
	4	0,79	0,46	0,30
	5	0,79	0,46	0,31
Vidurkis:		0,788	0,474	0,312
Vid. kv. nuokrypis		0,011	0,019	0,016
Dispersija		1E-04	4E-04	3E-04
Variacijos koef. v, %		1,39	4,113	5,267
Abs. ats. paklaida		0,014	0,24	0,02
Sant.ats. paklaida, %		1,726	5,106	6,538
Pasikl.intervalas		[0,774; 0,802]	[0,45; 0,498]	[0,292; 0,332]
temp 170°C	1	0,82	0,45	0,31
	2	0,78	0,44	0,29
	3	0,80	0,47	0,31
	4	0,78	0,45	0,29
	5	0,79	0,45	0,31
Vidurkis:		0,794	0,452	0,302
Vid. kv. nuokrypis		0,017	0,011	0,011
Dispersija		3E-04	1E-04	1E-04
Variacijos koef. v, %		2,107	2,424	3,627
Abs. ats. paklaida		0,021	0,014	0,014
Sant.ats. paklaida, %		2,616	3,009	4,503
Pasikl.intervalas		[0,773; 0,815]	[0,438; 0,466]	[0,288; 0,316]
Plévelė UAF-472 (1,27 mm)				
140°C				
t = 10	1	0,87	0,51	0,36
	2	0,86	0,51	0,35
	3	0,87	0,51	0,36
	4	0,87	0,50	0,35
	5	0,85	0,52	0,35
Vidurkis:		0,864	0,51	0,354
Vid. kv. nuokrypis		0,0089	0,0071	0,0055
Dispersija		8E-05	5E-05	3E-05
Variacijos koef. v, %		1,0352	1,3865	1,5472

Abs. ats. paklaida		0,0111	0,0088	0,0068
Sant.ats. paklaida, %		1,2852	1,7213	1,9208
Pasikl.intervalas		[0,8529; 0,8751]	[0,5012; 0,5188]	[0,3472; 0,3608]
t = 20	1	0,76	0,50	0,36
	2	0,80	0,49	0,36
	3	0,80	0,50	0,38
	4	0,77	0,50	0,36
	5	0,82	0,51	0,37
Vidurkis:		0,79	0,50	0,366
Vid. kv. nuokrypis		0,0245	0,0071	0,0089
Dispersija		0,0006	5E-05	8E-05
Variacijos koef. v, %		3,1006	1,4142	2,4438
Abs. ats. paklaida		0,0304	0,0088	0,0111
Sant.ats. paklaida, %		3,8493	1,7557	3,0339
Pasikl.intervalas		[0,7596; 0,8204]	[0,4912; 0,5088]	[0,3549; 0,3771]
t = 30	1	0,74	0,50	0,36
	2	0,76	0,50	0,36
	3	0,77	0,52	0,38
	4	0,78	0,51	0,37
	5	0,78	0,50	0,35
Vidurkis:		0,766	0,506	0,364
Vid. kv. nuokrypis		0,0167	0,0089	0,0114
Dispersija		0,0003	8E-05	0,0001
Variacijos koef. v, %		2,1845	1,7676	3,1324
Abs. ats. paklaida		0,0208	0,0111	0,0142
Sant.ats. paklaida, %		2,712	2,1945	3,8887
Pasikl.intervalas		[0,7452; 0,7868]	[0,4949; 0,5171]	[0,3498; 0,3782]
t = 40	1	0,76	0,50	0,35
	2	0,76	0,52	0,37
	3	0,76	0,50	0,39
	4	0,75	0,49	0,37
	5	0,75	0,51	0,36
Vidurkis:		0,756	0,504	0,368
Vid. kv. nuokrypis		0,0055	0,0114	0,0148
Dispersija		3E-05	0,0001	0,0002
Variacijos koef. v, %		0,7245	2,2623	4,0305
Abs. ats. paklaida		0,0068	0,0142	0,0184
Sant.ats. paklaida, %		0,8994	2,8085	5,0038
Pasikl.intervalas		[0,7492; 0,7628]	[0,4898; 0,5182]	[0,3496; 0,3864]
Plėvelė UAF-472 (1,27 mm)				
t = 20s				
temp 140°C	1	0,79	0,50	0,37
	2	0,82	0,50	0,35
	3	0,81	0,58	0,36
	4	0,82	0,49	0,36
	5	0,81	0,50	0,34
Vidurkis:		0,81	0,514	0,356
Vid. kv. nuokrypis		0,0122	0,0371	0,0114
Dispersija		0,0001	0,0014	0,0001
Variacijos koef. v, %		1,512	7,2273	3,2027
Abs. ats. paklaida		0,0152	0,0461	0,0142
Sant.ats. paklaida, %		1,8771	8,9724	3,9761
Pasikl.intervalas		[0,7948; 0,8252]	[0,4679; 0,5601]	[0,3418; 0,3702]

temp 150°C	1	0,80	0,50	0,36
	2	0,80	0,50	0,36
	3	0,76	0,51	0,36
	4	0,80	0,50	0,35
	5	0,80	0,50	0,36
Vidurkis:		0,792	0,502	0,358
Vid. kv. nuokrypis		0,0179	0,0045	0,0045
Dispersija		0,0003	2E-05	2E-05
Variacijos koef. v, %		2,2587	0,8909	1,2492
Abs. ats. paklaida		0,0222	0,0056	0,0056
Sant.ats. paklaida, %		2,804	1,106	1,5508
Pasikl.intervalas		[0,7698; 0,8142]	[0,4964; 0,5076]	[0,3524; 0,3636]
temp 160°C	1	0,76	0,51	0,35
	2	0,74	0,50	0,36
	3	0,73	0,49	0,37
	4	0,73	0,49	0,35
	5	0,74	0,49	0,36
Vidurkis:		0,74	0,496	0,358
Vid. kv. nuokrypis		0,0122	0,0089	0,0084
Dispersija		0,0002	8E-05	7E-05
Variacijos koef. v, %		1,6551	1,8033	2,337
Abs. ats. paklaida		0,0152	0,0111	0,0104
Sant.ats. paklaida, %		2,0547	2,2387	2,9014
Pasikl.intervalas		[0,7248; 0,7552]	[0,4849; 0,5071]	[0,3476; 0,3684]
temp 170°C	1	0,69	0,49	0,37
	2	0,69	0,50	0,37
	3	0,69	0,50	0,37
	4	0,70	0,49	0,38
	5	0,70	0,50	0,38
Vidurkis:		0,694	0,496	0,374
Vid. kv. nuokrypis		0,0055	0,0055	0,0055
Dispersija		3E-05	3E-05	3E-05
Variacijos koef. v, %		0,7892	1,1043	1,4645
Abs. ats. paklaida		0,0068	0,0068	0,0068
Sant.ats. paklaida, %		0,9798	1,3709	1,8181
Pasikl.intervalas		[0,6872; 0,7008]	[0,4892; 0,5028]	[0,3672; 0,3808]

3P lentelė. Presavimo trukmės įtakos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui rezultatai ir statistinė analizė.

Laikas	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stiprtis F, N/mm		
		M1	A1	A2
Plėvelė UAF-415 (0,762 mm)				
t = 10s	1.	0,0185	0,1685	0,0765
	2.	0,0165	0,2285	0,0800
	3.	0,0150	0,1915	0,0950
	4.	0,0150	0,1965	0,0985
	5.	0,0135	0,2000	0,0750
	6.	0,0165	0,1750	0,0615
	7.			0,0685
	8.			0,0915
	9.			0,1035
	10.			0,0735
Vidurkis:		0,0158	0,1933	0,082

Vid. kv. nuokrypis		0,0017	0,0212	0,014
Dispersija		3E-06	0,0004	2E-04
Variacijos koef. v, %		10,878	10,966	16,94
Abs. ats. paklaida		0,0018	0,0223	0,01
Sant.ats. paklaida, %		11,418	11,51	
Pasikl.intervalas		[0,014; 0,018]	[0,171; 0,216]	[0,072; 0,092]
t = 20s	1.	0,0200	0,2135	0,4685
	2.	0,0215	0,2735	0,4550
	3.	0,0265	0,2715	0,5120
	4.	0,0265	0,1835	0,3985
	5.	0,0235	0,2250	0,4485
	6.	0,0215	0,2385	
	7.	0,0250	0,2515	
	8.	0,0285		
	9.	0,0200		
Vidurkis:		0,0237	0,2367	0,4565
Vid. kv. nuokrypis		0,0031	0,0324	0,0408
Dispersija		1E-05	0,001	0,0017
Variacijos koef. v, %		13,151	13,681	8,9348
Abs. ats. paklaida		0,0024	0,03	0,0506
Sant.ats. paklaida, %		10,109	12,654	11,092
Pasikl.intervalas		[0,0213; 0,0261]	[0,2068; 0,2667]	[0,4059; 0,5071]
t = 30s	1.	3,192	1,332	2,070
	2.	2,920	1,340	1,752
	3.	3,184	1,604	2,498
	4.	2,792	1,374	1,944
	5.	3,128	1,494	2,355
	6.	3,512	1,415	2,235
	7.	3,160	1,491	2,363
	8.		1,644	2,468
Vidurkis:		3,127	1,462	2,211
Vid. kv. nuokrypis		0,228	0,118	0,266
Dispersija		0,052	0,014	0,071
Variacijos koef. v, %		7,292	8,049	12,03
Abs. ats. paklaida		0,211	0,098	0,222
Sant.ats. paklaida, %		6,743	6,73	10,06
Pasikl.intervalas		[2,916; 3,338]	[1,363; 1,56]	[1,988; 2,433]
t = 40s	1.	4,515	1,670	2,283
	2.	4,615	1,602	2,218
	3.	4,070	1,484	2,205
	4.	4,030	1,644	2,170
	5.	4,435	1,528	2,100
	6.	4,340	1,690	2,328
	7.	4,800	1,592	2,408
	8.	4,540	1,674	1,992
Vidurkis:		4,418	1,611	2,213
Vid. kv. nuokrypis		0,264	0,074	0,131
Dispersija		0,07	0,005	0,017
Variacijos koef. v, %		5,97	4,589	5,909
Abs. ats. paklaida		0,221	0,062	0,109
Sant.ats. paklaida, %		4,992	3,837	4,941
Pasikl.intervalas		[4,198; 4,639]	[1,549; 1,672]	[2,104; 2,322]
Plėvelė UAF-472 (1,27 mm)				

t = 10s	1.	6,60	1,500	4,695
	2.	5,71	2,013	3,460
	3.	5,59	1,862	3,024
	4.	6,23	2,128	3,508
	5.	5,60	1,884	4,130
	6.	6,44	1,824	3,984
	7.	6,56	2,353	3,432
	8.	6,23	2,205	
Vidurkis:		6,12	1,971	3,748
Vid. kv. nuokrypis		0,426	0,265	0,557
Dispersija		0,181	0,07	0,311
Variacijos koef. v, %		6,96	13,42	14,87
Abs. ats. paklaida		0,356	0,221	0,515
Sant.ats. paklaida, %		5,82	11,22	13,75
Pasikl.intervalas		[5,764; 6,476]	[1,75; 2,192]	[3,232; 4,263]
t = 20s	1.	4,110	2,273	4,250
	2.	4,220	2,948	4,155
	3.	4,115	2,448	4,830
	4.	4,745	2,343	4,665
	5.	4,360	2,632	4,695
	6.	4,085	2,580	4,895
	7.	4,660	2,668	4,620
	8.	4,585	2,303	4,300
	9.	4,270	2,520	
	10.		2,652	
Vidurkis:		4,35	2,5367	4,551
Vid. kv. nuokrypis		0,2534	0,2056	0,279
Dispersija		0,0642	0,0423	0,078
Variacijos koef. v, %		5,8259	8,1054	6,131
Abs. ats. paklaida		0,1948	0,1471	0,233
Sant.ats. paklaida, %		4,4782	5,7979	5,127
Pasikl.intervalas		[4,1552; 4,5448]	[2,3896; 2,6838]	[4,318; 4,785]
t = 30s	1.	5,410	2,433	4,020
	2.	4,635	2,848	3,444
	3.	5,060	2,298	4,050
	4.	3,884	2,493	4,860
	5.	4,050	2,388	3,668
	6.	4,370	2,340	4,705
	7.	3,928	2,425	4,005
	8.	5,010	2,460	
Vidurkis:		4,5434	2,461	4,107
Vid. kv. nuokrypis		0,5771	0,169	0,513
Dispersija		0,333	0,028	0,263
Variacijos koef. v, %		12,701	6,859	12,49
Abs. ats. paklaida		0,4825	0,141	0,474
Sant.ats. paklaida, %		10,62	5,735	11,55
Pasikl.intervalas		[4,0609; 5,0259]	[2,319; 2,602]	[3,633; 4,582]
t = 40s	1.	4,020	3,132	4,420
	2.	4,530	3,276	5,22
	3.	4,460	3,696	4,070
	4.	4,575	4,130	4,545
	5.	5,10	3,660	4,370
	6.	5,11	4,020	4,030

	7.	4,615	3,160	4,275
	8.	4,290		4,545
	9.	4,560		
Vidurkis:		4,5844	3,582	4,434
Vid. kv. nuokrypis		0,3477	0,405	0,372
Dispersija		0,1209	0,164	0,138
Variacijos koef. v, %		7,5852	11,31	8,385
Abs. ats. paklaida		0,2673	0,375	0,311
Sant.ats. paklaida, %		5,8305	10,46	7,011
Pasikl.intervalas		[4,3172; 4,8517]	[3,207; 3,957]	[4,123; 4,745]

4P lentelė. Presavimo temperatūros įtakos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stipriui rezultatai ir statistinė analizė.

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F, N/mm		
		M1	A1	A2
Plėvelė UAF-415 (0,762 mm)				
140°C	1.	0,0200	0,2135	0,4685
	2.	0,0215	0,2735	0,4550
	3.	0,0265	0,2715	0,5120
	4.	0,0265	0,1835	0,3985
	5.	0,0235	0,2250	0,4485
	6.	0,0215	0,2385	0,4685
	7.	0,0250	0,2515	0,4550
	8.	0,0285		
	9.	0,0200		
Vidurkis:		0,0237	0,2367	0,4565
Vid. kv. nuokrypis		0,0031	0,0324	0,0408
Dispersija		1E-05	0,001	0,0017
Variacijos koef. v, %		13,151	13,681	8,9348
Abs. ats. paklaida		0,0024	0,03	0,0506
Sant.ats. paklaida, %		10,109	12,654	11,092
Pasikl.intervalas		[0,0213; 0,0261]	[0,2068; 0,2667]	[0,4059; 0,5071]
150°C	1.	0,775	1,224	1,419
	2.	0,642	1,498	1,225
	3.	0,787	1,491	1,606
	4.	0,633	1,412	1,458
	5.	0,698	1,349	1,718
	6.	0,612		1,299
	7.			1,774
	8.			1,570
	9.			1,842
Vidurkis:		0,6912	1,395	1,546
Vid. kv. nuokrypis		0,0753	0,113	0,213
Dispersija		0,0057	0,013	0,043
Variacijos koef. v, %		10,89	8,133	13,75
Abs. ats. paklaida		0,079	0,141	0,163
Sant.ats. paklaida, %		11,43	10,1	10,57
Pasikl.intervalas		[0,6122; 0,7702]	[1,254; 1,536]	[1,382; 1,709]
160°C	1.	3,260	1,744	2,078
	2.	3,876	2,168	2,355
	3.	4,220	2,038	2,183
	4.	3,724	1,776	2,193
	5.	3,680	1,548	2,113

	6.	3,300	1,612	2,055
	7.	3,100	1,730	2,023
	8.	3,192	1,724	2,073
Vidurkis:		3,544	1,793	2,134
Vid. kv. nuokrypis		0,393	0,209	0,107
Dispersija		0,154	0,044	0,012
Variacijos koef. v, %		11,08	11,64	5,028
Abs. ats. paklaida		0,328	0,174	0,09
Sant.ats. paklaida, %		9,264	9,735	4,204
Pasikl.intervalas		[3,216; 3,872]	[1,618; 1,967]	[2,044; 2,224]
170°C	1.	2,524	1,874	1,752
	2.	2,560	1,816	1,990
	3.	2,548	1,814	1,842
	4.	3,504	1,756	1,866
	5.	3,196	1,984	1,920
	6.	3,528	1,894	1,864
	7.	3,280	1,794	1,934
	8.	2,680	1,732	1,974
	9.	2,403		
	10.	2,644		
Vidurkis:		2,887	1,833	1,893
Vid. kv. nuokrypis		0,439	0,082	0,078
Dispersija		0,192	0,007	0,006
Variacijos koef. v, %		15,19	4,447	4,113
Abs. ats. paklaida		0,314	0,068	0,065
Sant.ats. paklaida, %		10,87	3,718	3,439
Pasikl.intervalas		[2,573; 3,2]	[1,765; 1,901]	[1,828; 1,958]
Plėvelė UAF-472 (1,27 mm)				
140°C	1.	4,110	2,273	4,250
	2.	4,220	2,948	4,155
	3.	4,115	2,448	4,830
	4.	4,745	2,343	4,665
	5.	4,360	2,632	4,695
	6.	4,085	2,580	4,895
	7.	4,660	2,668	4,620
	8.	4,585	2,303	4,300
	9.	4,270	2,520	
	10.		2,652	
Vidurkis:		4,35	2,5367	4,551
Vid. kv. nuokrypis		0,2534	0,2056	0,279
Dispersija		0,0642	0,0423	0,078
Variacijos koef. v, %		5,8259	8,1054	6,131
Abs. ats. paklaida		0,1948	0,1471	0,233
Sant.ats. paklaida, %		4,4782	5,7979	5,127
Pasikl.intervalas		[4,1552; 4,5448]	[2,3896; 2,6838]	[4,318; 4,785]
150°C	1.	3,660	2,325	3,672
	2.	3,316	2,238	3,408
	3.	3,636	2,948	3,244
	4.	3,248	2,418	4,050
	5.	3,900	2,298	4,090
	6.	3,864	2,438	4,345
	7.	3,952	2,088	
	8.	3,780		

Vidurkis:		3,67	2,393	3,802
Vid. kv. nuokrypis		0,264	0,271	0,43
Dispersija		0,07	0,074	0,185
Variacijos koef. v, %		7,187	11,33	11,3
Abs. ats. paklaida		0,221	0,251	0,451
Sant.ats. paklaida, %		6,009	10,48	11,86
Pasikl.intervalas		[3,449; 3,89]	[2,142; 2,644]	[3,351; 4,252]
160°C	1.	4,040	2,700	4,310
	2.	4,180	2,868	3,980
	3.	3,928	2,872	3,796
	4.	3,892	2,816	4,230
	5.	4,605	2,728	3,820
	6.	3,588	2,584	3,704
	7.	3,800		3,604
	8.	3,504		4,080
Vidurkis:		3,942	2,761	3,941
Vid. kv. nuokrypis		0,348	0,112	0,252
Dispersija		0,121	0,013	0,064
Variacijos koef. v, %		8,818	4,063	6,405
Abs. ats. paklaida		0,291	0,118	0,211
Sant.ats. paklaida, %		7,373	4,264	5,356
Pasikl.intervalas		[3,651; 4,233]	[2,644; 2,879]	[3,729; 4,152]
170°C	1.	3,756	2,832	3,840
	2.	3,408	2,688	4,090
	3.	3,400	2,483	4,785
	4.	3,344	2,238	3,292
	5.	3,564	2,235	3,392
	6.	3,324	2,364	3,260
	7.	3,800		4,315
	8.	3,752		3,840
Vidurkis:		3,544	2,473	3,852
Vid. kv. nuokrypis		0,201	0,245	0,537
Dispersija		0,04	0,06	0,288
Variacijos koef. v, %		5,662	9,886	13,94
Abs. ats. paklaida		0,168	0,257	0,449
Sant.ats. paklaida, %		4,734	10,38	11,65
Pasikl.intervalas		[3,376; 3,711]	[2,217; 2,73]	[3,403; 4,301]

5P lentelė. Išluoksniavimo greičio įtakos rezultatų tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui rezultatai ir statistiniai parametrai.

Greitis	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F, N/mm	
		M1	A1
Plėvelė UAF-415 (0,762 mm)			
50 mm/min	1.	6,32	-
	2.	6,27	-
	3.	6,32	-
	4.	5,67	-
	5.	5,46	-
Vidurkis:		6,008	
Vid. kv. nuokrypis		0,4117	
Dispersija		0,1695	
Variacijos koef. v, %		6,852	
Abs. ats. paklaida		0,5111	

Sant.ats. paklaida, %		8,5064	
Pasikl.intervalas		[5,4969 ; 6,5191]	
100 mm/min	1.	5,610	1,452
	2.	4,705	1,514
	3.	4,820	1,482
	4.	5,880	1,451
	5.	4,690	1,299
	6.	5,530	
Vidurkis:		5,2058	1,4396
Vid. kv. nuokrypis		0,527	0,0827
Dispersija		0,2777	0,0068
Variacijos koef. v, %		10,124	5,7476
Abs. ats. paklaida		0,5532	0,1027
Sant.ats. paklaida, %		10,626	7,1354
Pasikl.intervalas		[4,6527 ; 5,759]	[1,3369 ; 1,5423]
150 mm/min	1.	5,89	1,487
	2.	5,51	1,397
	3.	5,45	1,814
	4.	5,99	1,504
	5.	5,71	1,490
	6.		1,788
	7.		1,608
Vidurkis:		5,71	1,584
Vid. kv. nuokrypis		0,2337	0,1606
Dispersija		0,0546	0,0258
Variacijos koef. v, %		4,0922	10,137
Abs. ats. paklaida		0,2901	0,1485
Sant.ats. paklaida, %		5,0804	9,3758
Pasikl.intervalas		[5,4199 ; 6,0001]	[1,4355 ; 1,7325]
200 mm/min	1.	4,685	1,736
	2.	4,450	1,596
	3.	4,745	1,562
	4.	4,295	1,508
	5.	4,470	1,744
Vidurkis:		4,529	1,6292
Vid. kv. nuokrypis		0,184	0,1059
Dispersija		0,0339	0,0112
Variacijos koef. v, %		4,0634	6,5026
Abs. ats. paklaida		0,2285	0,1315
Sant.ats. paklaida, %		5,0446	8,0727
Pasikl.intervalas		[4,3005 ; 4,7575]	[1,4977 ; 1,7607]
300 mm/min	1.	5,45	1,970
	2.	6,05	1,658
	3.	5,93	1,638
	4.	6,05	1,554
	5.	5,51	1,518
	6.		1,648
Vidurkis:		5,798	1,6643
Vid. kv. nuokrypis		0,2952	0,16
Dispersija		0,0871	0,0256
Variacijos koef. v, %		5,0907	9,6142
Abs. ats. paklaida		0,3664	0,1679
Sant.ats. paklaida, %		6,32	10,091

Pasikl.intervalas		[5,4316 ; 6,1644]	[1,4964 ; 1,8323]
Plėvelė UAF-472 (1,27 mm)			
100 mm/min	1.	4,115	2,728
	2.	4,145	3,880
	3.	4,740	2,500
	4.	4,475	3,884
	5.	4,240	3,404
Vidurkis:		4,343	3,4792
Vid. kv. nuokrypis		0,2631	0,473
Dispersija		0,0692	0,2237
Variacijos koef. v, %		6,0574	13,595
Abs. ats. paklaida		0,3266	0,5872
Sant.ats. paklaida, %		7,5201	16,878
Pasikl.intervalas		[4,0164 ; 4,6696]	[2,892 ; 4,0664]
150 mm/min	1.	4,230	2,568
	2.	4,275	3,452
	3.	4,870	2,692
	4.	4,670	3,340
	5.	4,140	2,928
			2,888
Vidurkis:		4,437	2,978
Vid. kv. nuokrypis		0,3159	0,3511
Dispersija		0,0998	0,1232
Variacijos koef. v, %		7,1189	11,788
Abs. ats. paklaida		0,3921	0,3685
Sant.ats. paklaida, %		8,8378	12,373
Pasikl.intervalas		[4,0449 ; 4,8291]	[2,6095 ; 3,3465]
200 mm/min	1.	4,090	2,724
	2.	3,872	2,628
	3.	4,410	3,348
	4.	3,940	3,120
	5.	3,720	3,088
Vidurkis:		4,0064	2,9816
Vid. kv. nuokrypis		0,2619	0,2984
Dispersija		0,0686	0,089
Variacijos koef. v, %		6,5372	10,007
Abs. ats. paklaida		0,3251	0,3704
Sant.ats. paklaida, %		8,1157	12,424
Pasikl.intervalas		[3,6813 ; 4,3315]	[2,6112 ; 3,352]
300 mm/min	1.	4,748	2,872
	2.	5,370	2,836
	3.	5,470	2,800
	4.	4,830	3,028
	5.	4,860	2,756
			2,435
Vidurkis:		5,0556	2,7878
Vid. kv. nuokrypis		0,337	0,1963
Dispersija		0,1137	0,0385
Variacijos koef. v, %		6,6664	7,0426
Abs. ats. paklaida		0,4184	0,2061
Sant.ats. paklaida, %		8,2761	7,3919
Pasikl.intervalas		[4,6372 ; 5,474]	[2,5818 ; 2,9939]

6P lentelė. Išlaikymo krosnelėje trukmės įtakos tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išluoksniavimo stipriui rezultatai ir statistiniai parametrai.

Laikas	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F, N/mm	
		M1	A1
2 h 30 min			
10 s	1.	7,01	1,494
	2.	7,50	1,208
	3.	6,50 (plyšo medžiaga)	1,421
	4.	6,62 (plyšo medžiaga)	1,355
	5.	6,26	1,343
Vidurkis:		6,778	1,3642
Vid. kv. nuokrypis		0,4862	0,1061
Dispersija		0,2364	0,0113
Variacijos koef. v, %		7,1737	7,7755
Abs. ats. paklaida		0,6036	0,1317
Sant.ats. paklaida, %		8,9058	9,6531
Pasikl.intervalas		[6,1744 ; 7,3816]	[1,2325 ; 1,4959]
20 s	1.	4,898	2,172
	2.	5,880 (plyšo medžiaga)	2,498
	3.	5,130	2,140
	4.	5,380	2,205
	5.	5,930	2,248
Vidurkis:		5,4436	2,2526
Vid. kv. nuokrypis		0,4547	0,1429
Dispersija		0,2068	0,0204
Variacijos koef. v, %		8,3534	6,3438
Abs. ats. paklaida		0,5645	0,1774
Sant.ats. paklaida, %		10,37	7,8757
Pasikl.intervalas		[4,8791 ; 6,0081]	[2,0752 ; 2,430]
30 s	1.	4,695	3,632
	2.	4,876	3,548
	3.	4,740	3,216
	4.	5,980	3,428
	5.	4,665	3,708
Vidurkis:		4,991	3,5064
Vid. kv. nuokrypis		0,5587	0,1928
Dispersija		0,3121	0,0372
Variacijos koef. v, %		11,194	5,4974
Abs. ats. paklaida		0,6936	0,2393
Sant.ats. paklaida, %		13,897	6,8248
Pasikl.intervalas		[4,2974 ; 5,6845]	[3,2671 ; 3,7457]
40 s	1.	4,650	2,632
	2.	4,808	3,016
	3.	5,100	3,100
	4.	5,070	2,378
	5.	4,290	2,488
Vidurkis:		4,7836	2,7228
Vid. kv. nuokrypis		0,3332	0,3204
Dispersija		0,1111	0,1026

Variacijos koef. v, %		6,9665	11,766
Abs. ats. paklaida		0,4137	0,3977
Sant.ats. paklaida, %		8,6486	14,607
Pasikl.intervalas		[4,3699 ; 5,1973]	[2,3251 ; 3,1205]
5 h			
10 s	1.	6,81	2,548
	2.	7,22	2,616
	3.	6,36	2,568
	4.	6,96	2,804
	5.	7,07	2,203
Vidurkis:		6,884	2,5478
Vid. kv. nuokrypis		0,3291	0,2177
Dispersija		0,1083	0,0474
Variacijos koef. v, %		4,7812	8,5449
Abs. ats. paklaida		0,4086	0,2703
Sant.ats. paklaida, %		5,9356	10,608
Pasikl.intervalas		[6,4754 ; 7,2926]	[2,2775 ; 2,8181]
20 s	1.	4,395	3,030
	2.	4,475	3,168
	3.	4,760	2,528
	4.	5,330	2,598
	5.	4,455	3,408
Vidurkis:		4,683	2,9464
Vid. kv. nuokrypis		0,3882	0,376
Dispersija		0,1507	0,1414
Variacijos koef. v, %		8,2891	12,763
Abs. ats. paklaida		0,4819	0,4668
Sant.ats. paklaida, %		10,291	15,844
Pasikl.intervalas		[4,2011 ; 5,1649]	[2,4796 ; 3,4132]
30 s	1.	4,650	3,284
	2.	4,838	3,400
	3.	4,913	2,592
	4.	4,890	2,948
	5.	4,740	3,480
Vidurkis:		4,8062	3,1408
Vid. kv. nuokrypis		0,1098	0,3678
Dispersija		0,0121	0,1353
Variacijos koef. v, %		2,2845	11,71
Abs. ats. paklaida		0,1363	0,4566
Sant.ats. paklaida, %		2,8361	14,538
Pasikl.intervalas		[4,6699 ; 4,9425]	[2,6842 ; 3,5974]
40 s	1.	4,950	3,680
	2.	4,650	3,896
	3.	4,905	4,555
	4.	5,840	4,585
	5.	5,130	3,455
Vidurkis:		5,095	4,0342
Vid. kv. nuokrypis		0,4504	0,5135
Dispersija		0,2029	0,2637
Variacijos koef. v, %		8,8398	12,728
Abs. ats. paklaida		0,5591	0,6375
Sant.ats. paklaida, %		10,974	15,802
Pasikl.intervalas		[4,5359 ; 5,6541]	[3,3967 ; 4,6717]

7 h 30 min			
10 s	1.	6,69	2,684
	2.	7,75	2,113
	3.	7,01	2,844
	4.	6,98	2,672
	5.	5,93	2,145
Vidurkis:		6,872	2,4916
Vid. kv. nuokrypis		0,6561	0,3381
Dispersija		0,4305	0,1143
Variacijos koef. v, %		9,548	13,569
Abs. ats. paklaida		0,8146	0,4197
Sant.ats. paklaida, %		11,854	16,846
Pasikl.intervalas		[6,0574 ; 7,6866]	[2,0719 ; 2,9113]
20 s	1.	5,40	3,040
	2.	6,11	2,448
	3.	6,10	2,500
	4.	5,90	3,216
	5.	5,40	2,578
Vidurkis:		5,782	2,7564
Vid. kv. nuokrypis		0,3586	0,348
Dispersija		0,1286	0,1211
Variacijos koef. v, %		6,2026	12,624
Abs. ats. paklaida		0,4452	0,432
Sant.ats. paklaida, %		7,7004	15,672
Pasikl.intervalas		[5,3368 ; 6,2272]	[2,3244 ; 3,1884]
30 s	1.	5,43	3,644
	2.	4,875	3,368
	3.	5,27	3,684
	4.	5,34	3,400
	5.	5,26	3,988
Vidurkis:		5,235	3,6168
Vid. kv. nuokrypis		0,2124	0,251
Dispersija		0,0451	0,063
Variacijos koef. v, %		4,578	6,9391
Abs. ats. paklaida		0,2637	0,3116
Sant.ats. paklaida, %		5,0376	8,6146
Pasikl.intervalas		[4,9713 ; 5,4987]	[3,3052 ; 3,9284]
40 s	1.	3,908	2,656
	2.	3,990	2,548
	3.	4,680	2,904
	4.	4,090	2,860
	5.	3,920	2,996
Vidurkis:		4,1176	2,7928
Vid. kv. nuokrypis		0,3226	0,1849
Dispersija		0,1041	0,0342
Variacijos koef. v, %		7,835	6,6221
Abs. ats. paklaida		0,4005	0,2296
Sant.ats. paklaida, %		9,7268	8,2211
Pasikl.intervalas		[3,7171 ; 4,5181]	[2,5632 ; 3,0224]

2 Priedas. 16 – tos tarptautinės tekstilės konferencijos “AUTEX 2016” stendinis pranešimas

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE ADHESION STRENGTH OF ADHESIVE BONDED TEXTILE SEAMS

Gerda Mikalaukaitė, Virginija Daukantiė

Kaunas University of Technology,
Faculty of Mechanical Engineering and Design,
Department of Materials Engineering
Studentų str. 56, LT-51424 Kaunas, Lithuania
e-mail: gerda.mikalaukaite@gmail.com; virginija.daukantiene@ktu.lt



INTRODUCTION

Adhesive bonding using thermoplastic polyurethane adhesive films is applied between the two textile surfaces to be joined with the application of high temperature and pressure for certain time duration. The modern bonding technique is not widely used at present, but it is identified as an alternative for thread stitching. It is also considered as being more reliable joining technique than sewing for sports and leisure clothing wear and capable to ensure lower textile consumption. Bonded garment typically weighs less than a sewn garment. Thus, bonds bring both aesthetic and economic benefits. Adhesive bonding is also applied for many other cases such as textile coating applying traditional polymers or electrically conductive coatings, etc.

The aim of this research was to determine the influence of bonding temperature and time duration on the adhesion strength of textile bonded seams.

Keywords: Adhesion strength; Bonding; Textile; Technological parameters

EXPERIMENTAL PART

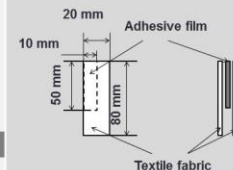
Research objects

Two commercial polyamide woven textiles suitable for sportswear or leisure clothing production were selected for this study:

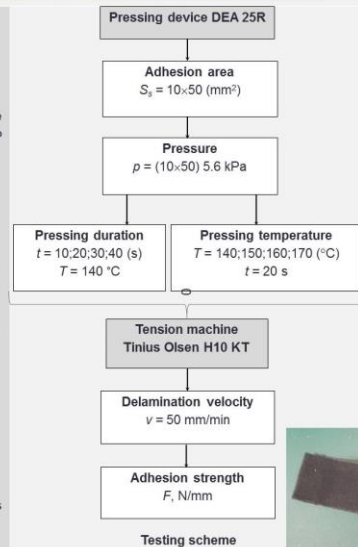
- W1: thickness – 0.28 mm; surface density – 150 g/m²; warp linear density – 12.5 tex; weft linear density – 15.9 tex; warp yarn count – 57 cm⁻¹; weft yarn count – 42 cm⁻¹.
- W2: thickness – 0.15 mm; surface density – 90 g/m²; warp and weft linear density – 10 tex; warp and weft yarn count – 5 cm⁻¹.
- Thermoplastic polyurethane film of 1.27 mm thickness was used for bonded seam processing.

Specimen preparation

- Tested lap seam was produced from two textile tapes cut in lengthwise textile direction applying the pressing device.
- Before the test all specimens were kept at standard conditions of 65% RH and 20 °C temperature.



- The adhesion strength measurements of seams were carried out on the TINIUS OLSEN H10KT tension machine.
- The speed of the upper clamp was kept at 50mm/min.

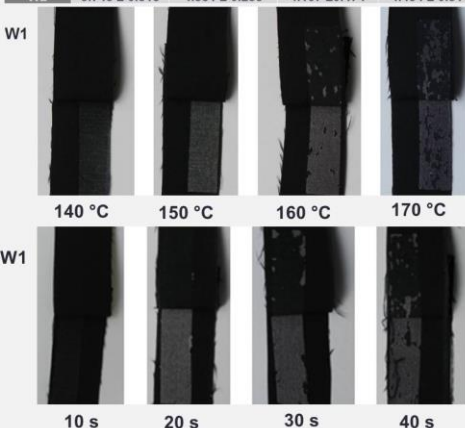


RESULTS AND DISCUSSION

Fabric code	Adhesion strength of bonded seams, N/mm			
	Pressing temperature (duration $t = 20$ s)			
	140 °C	150 °C	160 °C	170 °C
W1	2.537 ± 0.147	2.393 ± 0.251	2.761 ± 0.118	2.473 ± 0.257
W2	4.551 ± 0.233	3.802 ± 0.451	3.941 ± 0.211	3.852 ± 0.449
Fabric code	Pressing duration (temperature $T = 140$ °C)			
	10 s	20 s	30 s	40 s
	W1	1.971 ± 0.221	2.537 ± 0.147	2.461 ± 0.141
W2	3.748 ± 0.515	4.551 ± 0.233	4.107 ± 0.474	4.434 ± 0.311

The summary of the results investigating the influence of pressing temperature and duration on the adhesion strength of bond seams is presented in Table.

- The result analysis had shown that increase in pressing temperature influences the changes in adhesion strength of bonded seams, and it ranges from 2.393 N/mm to 4.551 N/mm. The highest value of bonding strength was determined for A2 bonded seam the textile layers of which have been bonded together at 140 °C temperature. The increase in bonding temperature influenced the decrease in bonding strength of A2 fabric seam. The lowest changes (13.4 %) for the mentioned case was observed at 160 °C temperature. The pressing temperature had been considered by the producer ranged between 125 °C and 150 °C. Thus, the decrease in adhesion strength could be influenced by aging of polyurethane film due high temperature. The highest adhesion strength of A1 seam has been determined for 160 °C pressing temperature.
- The adhesion strength of bonded seams varied from 1.971 N/mm up to 4.551 N/mm in accordance to time duration. The adhesion strength of A1 bonded seam increased from 24.9 % to 81.7 % due to increase of pressing duration, and in A2 case – from 9.6 % to 21.4 %. The adhesion strength of A2 seam was the highest for 20 s pressing duration (4.551 N/mm). This proves that further increasing of pressing duration hasn't significant influence on the change in adhesion strength of A2 seam. Contrary to the previous case, the adhesion strength of A1 seam periodically increased from 1.971 N/mm to 3.582 N/mm due to increase in bonding duration due deeper penetration of adhesive into fabric structure.



CONCLUSION

- On the basis of the obtained results it can be stated that the adhesion strength of bonded seams decreases due to the increase in bonding temperature, and it increases due the increase in bonding duration.
- Influence of bonding temperature and duration on the adhesion strength of bonded seams is depended on woven fabric structure.

3 Priedas. Pranešimo “Influence of Technological Parameters on the Adhesion Strength of Adhesive Bonded Textile Seams” abstraktas

16th World Textile Conference AUTEX 2016
8–10 June 2016, Ljubljana, Slovenia

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE ADHESION STRENGTH OF ADHESIVE BONDED TEXTILE SEAMS

Gerda Mikalauskaitė, Virginija Daukantiene,

Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering, Studentų str. 56, Kaunas, Lithuania
virginija.daukantiene@ktu.lt

Introduction

Adhesive bonding using thermoplastic polyurethane adhesive films is applied between the two textile surfaces to be joined with the application of high temperature and pressure for certain time duration [Seram & Nandasiri 2015; Gierenz & Karmann 2001]. The modern bonding technique is not widely used at present, but it is identified as an alternative for thread stitching [Seram & Nandasiri 2015; Jakubčionienė & Masteikaitė 2010]. It is also considered as being more reliable joining technique than sewing for sports and leisure clothing wear and capable to ensure lower textile consumption. Bonded garment typically weighs less than a sewn garment [Gierenz & Karmann 2001]. Thus, bonds bring both aesthetic and economic benefits. Adhesive bonding is also applied for many other cases such as textile coating applying traditional polymers [Kunal 2012] or electrically conductive coatings [Åkerfeldt 2015], etc. It was proven by the other researches [Seram & Nandasiri 2015] that the strength of adhesive seam is dependent on substrate and adhesive chemical nature, seam construction [Gierenz & Karmann 2001], textile type and their fiber composition [Seram & Nandasiri 2015].

The aim of this research was to determine the influence of bonding temperature and time duration on the adhesion strength of textile bonded seams.

Keywords: Adhesion strength; Bonding; Textile; Technological parameters

Experimental part

Two commercial polyamide woven textiles W1 (Thickness – 0.28 mm; surface density – 150 g/m²; warp linear density – 12.5 tex; weft linear density – 15.9 tex; warp yarn count – 57 cm⁻¹; weft yarn count – 42 cm⁻¹.) and W2 (Thickness – 0.15 mm; surface density – 90 g/m²; warp and weft linear density – 10 tex; warp and weft yarn count – 5 cm⁻¹.) suitable for sportswear or leisure clothing production were selected for this study.

Tested lap seam was produced from two textile tapes cut in lengthwise textile direction applying the pressing device DEA 25R under constant pressure 5.6 kPa and different pressing temperature T (°C) and time duration t (s) (Table 1) ensuring 10×50 mm² area of adhesive seam. Thermoplastic polyurethane film of 1.27 mm thickness was used. Before the test all specimens were kept at standard conditions of 65 % RH and 20 °C temperature. The adhesion strength measurements of seams were carried out on the TINIUS OLSEN H10KT tension machine. The speed of the upper clamp was kept at 50mm/min.

Results and discussion

The summary of the results investigating the influence of pressing temperature and duration on the adhesion strength of bond seams is presented in Table 1. The result analysis had shown that increase in pressing temperature influences the changes in adhesion strength of bonded seams, and it ranges from 2.393 N/mm to 4.551 N/mm. The highest value of bonding strength was

determined for A2 bonded seam the textile layers of which have been bonded together at 140 °C temperature. The increase in bonding temperature influenced the decrease in bonding strength of A2 fabric seam. The lowest changes (13.4 %) for the mentioned case was observed at 160°C temperature. The pressing temperature had been considered by the producer ranged between 125°C and 150°C. Thus, the decrease in adhesion strength could be influenced by aging of polyurethane film due high temperature. The highest adhesion strength of A1 seam has been determined for 160°C pressing temperature.

Table 1. Adhesion strength of textile bonded seams

Fabric code	Adhesion strength of bonded seam, N/mm			
	temperature (duration $t = 20$ s)			
	140°C	150°C	160°C	170°C
W1	2.537 ± 0.147	2.393 ± 0.251	2.761 ± 0.118	2.473 ± 0.257
W2	4.551 ± 0.233	3.802 ± 0.451	3.941 ± 0.211	3.852 ± 0.449
	duration (temperature $T = 140$ °C)			
	10 s	20 s	30 s	40 s
	W1	1.971 ± 0.221	2.537 ± 0.147	2.461 ± 0.141
W2	3.748 ± 0.515	4.551 ± 0.233	4.107 ± 0.474	4.434 ± 0.311

The adhesion strength of bonded seams varied from 1.971 N/mm up to 4.551 N/mm in accordance to time duration. The adhesion strength of A1 bonded seam increased from 24.9 % to 81.7 % due to increase of pressing duration, and in A2 case – from 9.6 % to 21.4 %. The adhesion strength of A2 seam was the highest for 20 s pressing duration (4.551 N/mm). This proves that further increasing of pressing duration hasn't significant influence on the change in adhesion strength of A2 seam. Contrary to the previous case, the adhesion strength of A1 seam periodically increased from 1.971 N/mm to 3.582 N/mm due to increase in bonding duration due deeper penetration of adhesive into fabric structure.

Conclusion

1. On the basis of the obtained results it can be stated that the adhesion strength of bonded seams decreases due to the increase in bonding temperature, and it increases due the increase in bonding duration.
2. Influence of bonding temperature and duration on the adhesion strength of bonded seams is depended on woven fabric structure.

References:

- Seram, N; Nandasiri, T 2015, A Comparison between Bonding and Sewing: Application in Sports Performance Wear, *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, vol. 3, no. 8, pp. 343-381.
- Jakubčionienė, Ž; Masteikaitė, V 2010, Investigation of Textile Bonded Seams, *Materials Science (Medžiagotyra)*, vol. 16, no. 1, pp. 76-79.
- Gierenz, G; Karmann, W 2001, *Adhesives and Adhesive Tapes*, Wiley VCH: Verlag GmbH.
- Kunal, S 2012, A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications, *American Journal of Polymer Science*, vol. 2, no. 3, pp. 39-49.
- Åkerfeldt, M 2015, *Electrically conductive textile coatings*, Ale Tryckteam: Bohus.

Corresponding author:

Virginija DAUKANTIENĖ
Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering
Studentų str. 56, LT- 51424, Kaunas, Lithuania
Phone: (+370-37) 35 38 6 Fax: (+370-37) 35 39 89 E-mail:
virginija.daukantiene@ktu.lt

Options indication: Poster

Topic: Textile Testing, Clothing Comfort and Quality Control