



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių
medžiagų klijuotinių junginių stipriui**

Baigiamasis magistro projektas

Edvinas Zmitrulevičius
Projekto autorius

Prof. dr. Virginija Daukantiene
Vadovė

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių stipriui

Baigiamasis magistro projektas
Aprangos mados inžinerija (621J40004)

Edvinas Zmitrulevičius
Projekto autorius

Prof. dr. Virginija Daukantienė
Vadovė

Doc. dr. Kristina Ancutienė
Recenzentas

Kaunas, 2018



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Edvinas Zmitrulevičius

Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių stipriui

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Edvino Zmitrulevičiaus, baigiamasis projektas tema „Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių stipriui“ 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)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
Studijų programa

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO
UŽDUOTIS

Studentui(-ei) **Edvinui Zmitrulevičiui**

1. Baigiamojo projekto tema

Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių stipriui.

Influence of the Bonding Temperature and Printing on the Strength of Knitted Fabric's Adhesive Bonds.

2. Projekto tikslas ir uždaviniai

Ištirti ir įvertinti presavimo temperatūros ir marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui.

Įvertinti megztinių medžiagų krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

Įvertinti presavimo temperatūros įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

Įvertinti marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

3. Pradiniai Projekto duomenys:

Atlikta literatūros šaltinių analizė, apžvelgiant ne mažiau 30 šaltinių. Ištirtas 4 megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris, esant 4 presavimo temperatūroms bei taikant megztinių medžiagų marginimą sublimacijos būdu.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos:

Darbas turi būti originalus, mokslinis tiriamasis. Darbas apiformintas pagal akademiniam rašto darbams keliamus reikalavimus.

5. Projekto aprašomosios dalies struktūra

Santrauka, Ivadas, Literatūros apžvalga, Tyrimo metodika, Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas, Išvados,

Literatūros sąrašas

Magistrantas:
(vardas, pavardė, parašas, data)

Projekto vadovas.....
(vardas, pavardė, parašas, data)

Krypties studijų programos vadovas.....
(vardas, pavardė, parašas, data)

TURINYS

ĮVADAS	10
1. LITERATŪROS APŽVALGA	11
1.1. Įvairių veiksnių įtaka aprangos medžiagų klijuotinių junginių savybėms.....	11
1.2. Klijavimo technologijų taikymas aprangos pramonėje	14
1.3. Apibendrinimas.....	18
2. TYRIMŲ METODIKA	19
2.1. Tyrimo objektų parinkimas ir pagrindimas	19
2.2. Klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika.....	20
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	25
3.1. Megztinių medžiagų krypties klijuotiniame junginyje ir presavimo temperatūros įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.....	25
3.2. Megztinių medžiagų marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui	34
IŠVADOS	44
LITERATŪROS SĄRAŠAS	45
PRIEDAI.....	48
1 Priedas. Matavimų duomenų ir statistinė analizė	48
2 Priedas. Konferencijos „Pramonės inžinerija 2018“ stendinis pranešimas	54
3 Priedas. Straipsnis „Presavimo temperatūros įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui“	55

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Keturių siūlų krašto apsiūlėjimo (a) ir plokščiojo peltakio (b) siūlės	13
1.2 pav. Klijuotinių junginių schemas: a – uždėtinė siūlė, b – užkeistinė siūlė, c – kraštavimo siūlė, d – kraštuotinė siūlė	15
1.3 pav. Klijuotinių junginių schemas: a – užkeistinė siūlė, b – uždėtinė siūlė, c – kraštavimo siūlė, d – dirželinė siūlė.....	15
2.1 pav. Bandinio schema	20
2.2 pav. Rašalinis spausdintuvas „Mimaki TS5 – 1600 AMF“	21
2.3 pav. Vandeninio pagrindo dažai „J-Teck“	21
2.4 pav. Termo presas „Monti Antonio – 853“	22
2.5 pav. Elektropneumatinis detalių kraštų padengimo adhezine juostele įrenginys „Macpi 335.30“ (Macpi, 2017)	22
2.6 pav. Elektropneumatinio adhezinės juostos patiesimo ir jungimo prie medžiagos paviršiaus įrenginio parametrai	23
2.7 pav. Vakuuminio presavimo su vėsinimo funkcija įrenginys „Macpi 514.37“	24
2.8 pav. Tempimo mašina Tinius Olsen H10KT	24
3.1 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio F priklausomybės nuo presavimo temperatūros T	26
3.2 pav. Medžiagų krypties įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui.....	28
3.3 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M1 (M1 – nemarginti bandiniai, DP M1 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F	35
3.4 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M2 (M2 – nemarginti bandiniai, DP M2 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F	36
3.5 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M3 (M3 – nemarginti bandiniai, DP M3 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F	37
3.6 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M4 (M4 – nemarginti bandiniai, DP M4 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F	38

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1. lentelė. „Besiūlės“ technologijos taikymo aprangoje ir pavyzdžiai	16
2.1. lentelė. Megztinių medžiagų charakteristikos	19
2.2 lentelė. Vakuuminio presavimo su vėsavimo funkcija įrenginio „Macpi 514.37“ techninės charakteristikos.....	23
3.1. lentelė. Megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 (stulpelių ir eilučių kryptių) klijuotinių junginių po išsluoksniavimo bandymų vaizdai	29
3.2. lentelė. Išsluoksniuotų stulpelių ir eilučių kryptių margintų (DP) megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 klijuotinių junginių vaizdai.....	39

Zmitrulevičius, Edvinas. Presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių stipriui. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Virginija Daukantienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijų mokslai (F).

Reikšminiai žodžiai: megztinė medžiaga, klijuotinis junginys, presavimo temperatūra, išsluoksniavimo stipris, marginimas.

Kaunas, 2018. 60 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro projekte analizuojama presavimo temperatūros ir marginimo įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui. Atlikta literatūros analizė, kurioje apžvelgiami kitų autorių atlikti klijuotinių junginių stiprumo vertinimo ir išorinių veiksnių, kurie daro įtaką, tyrimai. Nurodomos pagrindinės, pramonėje naudojamos, medžiagų jungimo technologijos, paaiškinama kaip formuojamas klijuotinis junginys, ir kokios medžiagos tam naudojamos. Apžvelgiamos klijuotinių junginių taikymo aprangos pramonėje galimybės.

Šio baigiamojo magistro projekto tikslas – ištirti ir įvertinti presavimo temperatūros ir marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui. Tikslui pasiekti iškelti tokie uždaviniai: įvertinti megztinių medžiagų krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui, įvertinti presavimo temperatūros įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui, įvertinti marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui. Sudaryta objektų parinkimo ir pagrindimo, marginimo, klijuotinių junginių formavimo ir išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika, kuri norodo tolesnę projekto eigą. Pagal šią metodiką atliktas tyrimas, kurio rezultatai parodė, kad megztinių medžiagų kryptis klijuotiniuose junginiuose daro reikšmingą įtaką jų išsluoksniavimo stipriui. Esant 150 °C ir 160 °C presavimo temperatūroms, stulpelių krypties megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didesnis už eilučių krypties. Presavimo temperatūra turi įtakos megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, kuris linkęs didėti, didėjant presavimo temperatūrai. Marginimas turi įtakos megztinių medžiagų stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui. Medžiagų M1, M2 ir M3 visais presavimo temperatūrų atvejais išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės, o M4 atvirkščiai, didesnės. Eilučių krypties M1, M2, M3 klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui marginimas daro teigiamą įtaką, išsluoksniavimo stiprio vertės didesnės, medžiagos M4 nepakito.

Dalis tyrimo rezultatų buvo pristatyti konferencijoje „Pramonės inžinerija 2018“ pranešime „Presavimo temperatūros įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui“ ir to paties pavadinimo publikacijoje, spausdintoje konferencijos pranešimų medžiagoje.

Zmitrulevičius, Edvinas. Influence of the Bonding Temperature and Printing on the Strength of Knitted Fabric's Adhesive Bonds. Master's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Virginija Daukantienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology. Study field and area (study field group): polymer and textile technology (F02), technology science (F). Keywords: knitted fabric, adhesive temperature, adhesive bonding, delamination strength Kaunas, 2018. 60 pages.

SUMMARY

The final master's thesis analyzes the influence of bonding temperature and sublimation on the peeling strength of the bonded seams of knitted fabrics. A literature review was carried out, in which are reviewing other authors performed researches of the bonded seams strength evaluation and the influence of external factors on bonded seams. The basic, industry-specific fabrics connection technologies, how to form a bonding seam and what materials are used for it, are described. An overview of the use bonded seams in the apparel industry.

The aim of this Master's Thesis is to investigate and evaluate the influence of the bonding temperature, fabrics structure and the influence of the printing on the strength of the adhesive bond. To achieve the objective, the following tasks were raised: to evaluate the influence of the direction of the knitted fabrics on the peeling strength and character of the adhesive bonds, to evaluate the influence of the bonding temperature on the peeling strength and character of the adhesive bonds, and to assess the influence of the sublimation on the strength and character of the adhesive bonds. A research methodology for selecting and justifying objects, printing, forming and peeling of adhesive bonds has been prepared, which seeks to further the progress of the project. According to this methodology, a study has been carried out, the results of which have shown that the direction of knitted fabrics in adhesive bonds has a significant influence on their peeling strength. At the 150 ° C and 160 ° C for bonding temperatures, the bonding strength of bonded seams of the wale wise knitted fabrics is greater than the direction of the course wise. The bonding temperature affects the peeling strength of the bonded seams, which tends to increase with increasing bonding temperature. The sublimation affects the strength of the bonded seams of the wale wise knitted fabrics. For materials M1, M2 and M3, the values of the peeling strength are lower for all different bonding temperatures and the M4 values are higher. The directional of the course wise of M1, M2, M3 bonded seams has a positive effect, the peeling strength value is higher, the M4 material remains unchanged.

A part of the research results were presented at the scientific conference "Industrial Engineering 2018" in the poster „Influence of the Bonding Temperature on the Delamination Strength of Knitted Fabric's Adhesive Bonds“ and in the publication of the same title, in the printed materials of the conference.

ĮVADAS

Keičiantis žmonių poreikiams ir vystantis naujoms aprangos tendencijoms, aprangos asortimentas taip pat plečiasi, o tam reikalingos naujos technologijos. Jų kūrėjai ieško naujų galimybių, kaip padėti aprangos gamintojams optimizuoti procesus, mažinti tekstilės medžiagų sunaudojimą ir pagerinti gaminių kokybę. Atskirų aprangos detalių jungimas į vieną gaminį daro didelę įtaką jo kokybei, prigludimui prie žmogaus kūno, komfortui, funkcionalumui ir kt. Todėl šis procesas gamybos metu yra vienas svarbiausių.

Funkciniams gaminiams ar sporto aprangos siuvimo technologija dažnu atveju jau nebetinka dėl aprangai keliamų nelaidumo vandeniui, garams, orui ar atsparumo kitoms cheminėms medžiagoms reikalavimų. Taip pat šio asortimento produktai veikiami išorinių veiksnių patiria dideles deformacijas, todėl detalių junginiai turi būti ypatingai kokybiški ir stiprūs. Šios priežastys daro įtaką klijavimo technologijos vystymui ir integravimui į aprangos gamybos pramonę galimybėms. Kadangi klijavimo technologija yra sąlyginai nauja, mokslinių tyrimų apie klijuotinių junginių stiprumą, jų sudarymo parametrų ar medžiagų struktūros įtaką junginiams nėra daug. Todėl šie tyrimai yra labai aktualūs.

Šio darbo tikslas yra iširti ir įvertinti presavimo temperatūros ir marginimo įtaką klijuotinių junginių išluksniavimo stipriui. Tikslui pasiekti iškelti uždaviniai: įvertinti megztinių medžiagų krypties įtaką klijuotinių junginių išluksniavimo stipriui ir pobūdžiui, įvertinti presavimo temperatūros įtaką klijuotinių junginių išluksniavimo stipriui ir pobūdžiui, įvertinti marginimo įtaką klijuotinių junginių išluksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Įvairių veiksmų įtaka aprangos medžiagų klijuotinių junginių savybėms

Funkciniai drabužiai, kaip ir įprasti drabužiai, yra sudaromi sujungiant gaminio detales vieną su kita. Šios detalės yra jungiamos su įvairiais priedais, kurie gali būti: plėvelės, siuvimo siūlai, sagos, užtrauktukai, juostos ir kt. Pagrindinis drabužio sluoksnis dvejinamas klijiniais įdėklais ar jungiamas su pamušalu. Tokiu būdu sudaroma sudėtinga drabužio sistema. Šios sistemos savybės priklauso ne tik nuo medžiagų savybių, bet ir drabužių junginių (siūtinių ar klijuotinių siūlių) savybių. Siūlės kokybė gali būti vertinama pagal stiprumą, lenkiamąjį standumą, tąsumą, estetinį vaizdą ir kitas savybes. Tinkamų siūlių charakteristikų ir jų sudarymo technologinių parametrų parinkimas ypač svarbus funkcinių drabužių gamybai. Dažniausiai drabužių detalės yra jungiamos susiuvant siuvimo siūlais, naudojant siuvimo įrenginius. Šios siūlės gali būti naudojamos drabužiuose, pagamintuose iš akytų audinių ar mezginių. Tačiau jei drabužis gaminamas iš dengtų ar laminuotų medžiagų, kurios, pavyzdžiui, naudojamos vandeniui nelaidžių, skirtų apsaugoti nuo lietaus, ar kitos paskirties drabužių gamybai, tuomet siuvimo adata padarytos skylutės medžiagoje sumažina arba panaikina gaminio funkcionalumą. Dėl šios priežasties, siūlės yra užsandarinamos vandeniui ir kitoms medžiagoms nelaidžiomis juostomis, arba, pasitelkiant suvirinimo ar klijavimo technologijas, jau detalių jungimo metu sukuriama visiškai sandarios siūlės, kurios leidžia drabužiui atlikti tikrąją funkciją. Taigi, galima išskirti tris pagrindines siūlių apdirbimo, jungimo technologijas:

- Medžiagų siuvimo technologija, kai medžiagos sujungiamos adata praduriant skylutes ir praveriant per jas siūlus, iš kurių suformuojamas dygsnių peltakys. Tuomet siūlė sandarinama papildoma juosta, kurios viena pusė turi adhezinį termoplastinį sluoksnį. Kaitinamas šis sluoksnis pasiekia lydymosi stadiją ir veikiamas slėgiu įsiskverbia į medžiagos paviršių ir prilimpa prie gaminio siūtinės siūlės vietoje. Aušinimo metu tarp juostos ir medžiagos susiformuoja stiprūs ir adheziniai / koheziniai ryšiai, kurie neleidžia prasiskverbti orui, vandeniui ar kitoms medžiagoms [1].
- Medžiagų suvirinimo technologija, kuri pagrįsta ryšių tarp jungiamų medžiagų suformavimu jas kaitinant be klijų, siūlų, adatų ar cheminių priemonių. Trys pagrindiniai virinimo proceso parametrai yra aukšta temperatūra, jungimo greitis ir slėgis. Optimalus šių parametrų derinys suformuoja kokybišką suvirintą siūlę. Virinimo technologija gali būti taikoma tik sintetinėms medžiagoms [1].
- Medžiagų klijavimo technologija. Klijuotiniai junginiai yra sudaromi, taikant papildomas adhezines medžiagas (klijus), kurie gali būti skysto ir kieto pavidalo. Pavyzdžiui, klijų juostelės padedamos tarp dviejų medžiagų sluoksnių ir veikiamos šilumos bei slėgio

nustatytą trukmę, ko pasekoje yra suformuojamas klijuotinis junginys. Klijavimo medžiagos parenkamos, atsižvelgiant į klijuojamų medžiagų pluoštinę sudėtį, sandarą ir savybes [1].

Taikant klijuotines ar suvirintas siūles dažniausiai gaminami medicininės paskirties, darbo drabužiai, sportinė apranga ir kiti gaminiai [1].

Medžiagų klijavimas yra santykinai nauja klijų panaudojimo sritis. Medžiagų klijuotinais junginiais norint pakeisti įprastas siūtines sliūles, jie turi atitikti tam tikrus reikalavimus: didelį išluoksniavimo stiprį, didelį atsparumą skalbimui ir valymui, nedažyti medžiagų ir išvengti spalvos pakitimo, nepakeisti medžiagos paviršiaus faktūros, gerai praleisti orą [2]. Užtikrinus šiuos reikalavimus atsirastų ne tik alternatyva siūtinėms siūlėms, tačiau pailgėtų gaminio dėvėjimo trukmė [3].

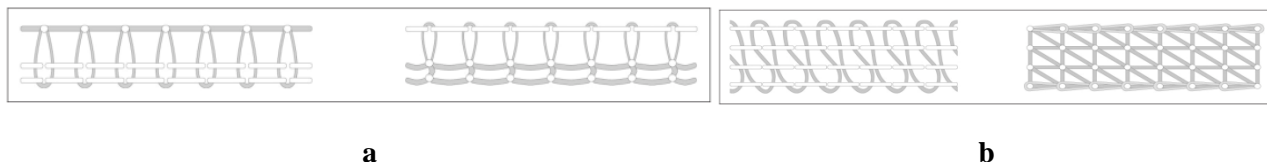
Klijavimo technologija pagrįsta termoplastinių adhezinių medžiagų gebėjimu išsilydyti, veikiant aukšta temperatūra ir presuojant įsiskverbti į suklijuojamų medžiagų paviršių nelygumus. Paveikti temperatūra išsilydę klijai turi tolygiai pasiskirstyti tarp dviejų medžiagų sluoksnių, greitai suformuoti adhezinį / kohezinį ryšį tarp jungiamų sluoksnių ar tarpsluoksnyje, o po to – greitai grįžti į kietąjį būvį [4].

Dėl didelės klijavimo medžiagų įvairovės struktūros ir savybių požiūriu, parinkti tinkamus parametrus yra labai sudėtinga. Pavyzdžiui, Ž. Jakubčionienės ir V. Masteikaitės [5] medvilninių audinių ir poliesterinių megztinių medžiagų klijuotinių junginių kokybės tyrime buvo nustatyta, kad adhezinės plėvelės perkėlimo nuo silikoninio popieriaus ant medžiagos optimalūs parametrai yra 160 °C temperatūra ir 10 s presavimo trukmė, o pagrindinio medžiagos sluoksnių jungimo optimalūs parametrai: 180 °C temperatūra ir 30 s presavimo trukmė. Esant per žemai temperatūrai, išsilydęs adhezyvas nepakankamai giliai įsiskverbia į apatinį medžiagos sluoksnį, o esant per aukštai temperatūrai – jie įsiskverbia per giliai. Sujungtų sluoksnių kokybė priklauso nuo jų jungimo parametru, tokių kaip temperatūra, slėgis ir presavimo trukmė abiejų klijavimo etapų metu [6]. Remiantis Ž. Jakubčionienės ir V. Masteikaitės [5] atlikto tyrimo rezultatais galima teigti, kad medžiagų suklijavimo kokybė priklauso nuo to, ar tinkamai parinkti adhezinės plėvelės perkėlimo ir sluoksnių klijavimo parametrai.

Aktyvios veiklos drabužiai vis dažniau tampa neatskiriama kiekvieno sveiką gyvenimą vertinančio žmogaus ar profesionalaus sportininko garderobo dalimi. Dėl šios tendencijos, drabužių pramonėje kuriama vis daugiau aktyvaus laisvalaikio drabužių, kurie dažnai yra sudėtinės naujų sporto kolekcijų dalys. Nuolat tobulinami laisvalaikio drabužiai, skatinant kad juos dėvėtų ne tik praktikuojantys entuziastai, kuriems ši drabužių asortimento grupė gali reikšti aktyvų ir sveiką gyvenimo būdą, bet ir profesionalūs sportininkai, kuriems jie leistų pasiekti aukščiausius sporto rezultatus.

Siūlės konstrukcija ir savybės yra svarbūs veiksniai sporto aprangos dizaine. Sporto drabužių siūlės turi būti tokios pat stiprios ir tąsios, kaip ir šiems drabužiams naudojamos medžiagos. Labai aptemptų sporto drabužių siūlės turi būti glotnios, kad sportuojant netrintų dėvinčiojo odos.

E. Beaudette ir H. Park [7] ištyrė dažniausiai sporto drabužių gamyboje naudojamų siūlių, susiūtų keturių siūlių krašto apsiūlėjimo (1.1 pav., a) ar plokščiaisiais peltakiais (1.1 pav., b), bei klijuotinių siūlių šiluminės savybes, parenkant sportinio drabužio konstrukciją.



1.1 pav. Keturių siūlų krašto apsiūlėjimo (a) ir plokščiojo peltakio (b) siūlės

Beaudette ir Park [7] atlikti tyrimai parodė, kad klijuotinės siūlės buvo plonesnės už susiūtas siuvimo siūlais siūles. Šiluminių savybių tyrimai patvirtino, kad plokščiaisiais peltakiais susiūtos siūlės geriau izoluoja šilumą ir mažiau praleidžia orą už kitas tirtas siūles. Visų siūlių laidumas orui buvo panašus.

Seram and Nandasiri [3] atliko klijuotinių junginių ir siūtų siūlių kokybės palyginamąją analizę ir nustatė, kad siūlių stiprumui įtaką daro ne tik medžiagos tipas ar jos pluoštinė sudėtis, bet ir siūlės suformavimui parinkta technologija. Gauti rezultatai parodė, kad klijuotiniai junginiai yra stipresni už siūtas siūles, o klijavimui labiausiai tinkamos medžiagos, kurių pluoštinė sudėtis yra 100 % arba artima 100 % poliesterio pluoštų.

Ž. Jakubčionienė, V. Masteikaitė, T. Kleveckas, M. Jakubčionis ir U. Kelesova [8], tirdami klijuotinio junginio konstrukcijos bei jo išsluoksniavimo metodo įtaką nustatė, kad medžiagų klijuotinių junginių stiprumas priklauso nuo medžiagų atraminio paviršiaus. Todėl parenkant klijavimo technologinius parametrus, būtina atsižvelgti į medžiagos paviršiaus savybes. Jie taip pat nustatė, kad 10 mm pločio klijuotinių junginių išsluoksniavimo metu, dėl medžiagos struktūros deformacijos, jos ištįsęs ilgis kito nuo 11,2 mm iki 35,5 mm. Didesnę įtaką šie veiksniai darė megztinėms medžiagoms, mažesnę – laminuotoms ir austoms.

G. Busilienė, E. Strazdienė, V. Urbelis ir S. Krauledas [9] atliko dviašio tempimo įtakos megztinių medžiagų ir jų klijuotinių sujungimų elgsenai prieš ir po varginimo tyrimą bei nustatė, kad 50 ciklų varginimas su 50 N duobimo jėga daro mažesnę įtaką klijuotinių junginių deformacijai naudojant mažiau tąsią termoplastinę plėvelę. Tačiau stiprumas išlieka beveik nepakitęs. Tuo tarpu, didesnio tąsumo plėvelės klijuotiniams junginiams buvo nustatyta mažesnė varginimo įtaka. Remiantis gautais rezultatais padaryta išvada, jog klijuotinių junginių kokybė priklauso nuo megztinių medžiagų

anizotropijos ir termoplastinių plėvelių tūsumo, nes megztinių medžiagų kryptis klijuotiniame junginyje reikšmingos įtakos neturi.

Kitame tyrime G. Busilienė, E. Strazdienė, V. Urbelis ir S. Kraulėdas [10] ištyrė termoplastinės plėvelės ir megztinės medžiagos krypties įtaką klijuotinių junginių kokybei prieš ir po varginimo vienašio tempimo metu. Tyrimo rezultatai parodė, kad klijuotinių junginių stiprumas ir tūsumas labai priklauso nuo megztinės medžiagos struktūros ir krypties junginyje. Mažesnio savybių nevienodumo skirtingomis kryptimis medžiagos klijuotinių junginių deformacijai reikšmingos įtakos nedaro. Junginiai, sudaryti iš dviejų juostelių, orientuotų eilučių kryptimi, yra stipresni 64,7 % lyginant su kitais junginiais.

G. Mikalauskaitė ir V. Daukantienė [11] ištyrė išsluoksniavimo greičio įtaką megztinių medžiagų ir audinio klijuotinių junginių stipriui. Tyrimo rezultatai parodė, kad stipris priklauso ne tik nuo išsluoksniavimo greičio, bet ir nuo medžiagos struktūros, o taip pat ir nuo termoplastinės plėvelės storio. K1 klijuotinių junginių didžiausia išsluoksniavimo stiprio vertė (6,088 N/mm) gauta naudojant plonesnę (0,762 mm) termoplastinę plėvelę ir taikant 50 mm/min išsluoksniavimo greitį, o W1 audinio didžiausias išsluoksniavimo stipris (3,479 N/mm) gautas naudojant storesnę (1,270 mm) termoplastinę plėvelę ir taikant 100 mm/min išsluoksniavimo greitį.

Klijavimo temperatūros ir laiko įtakos klijuotinių junginių stipriui tyrime G. Mikalauskaitė ir V. Daukantienė [12] nustatė, kad klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris mažėja, kai didėja presavimo temperatūra. Presavimo temperatūros ir trukmės įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui priklauso nuo medžiagos struktūros.

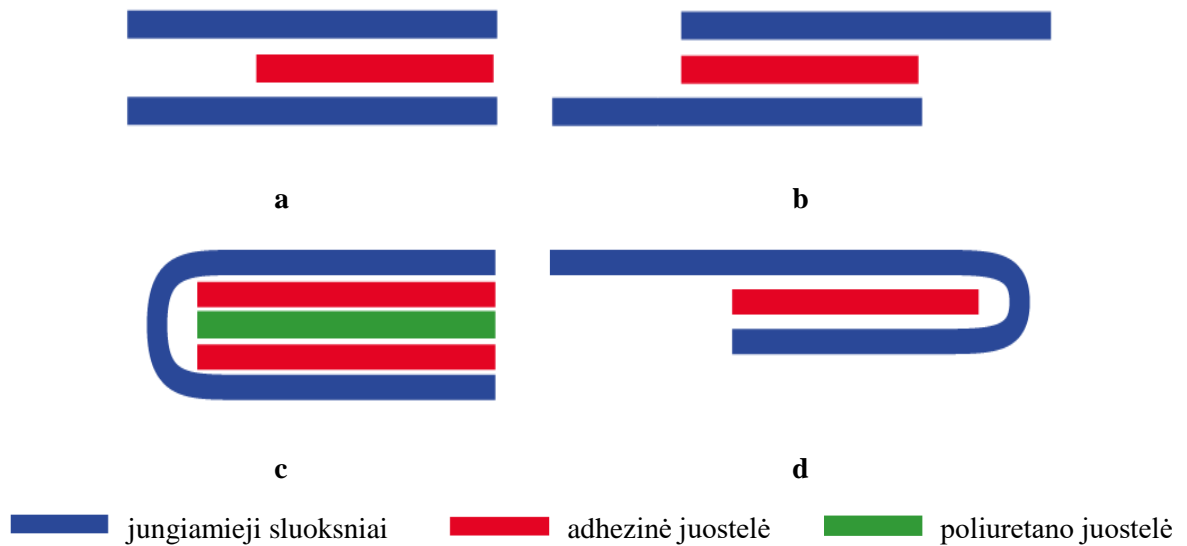
1.2. Klijavimo technologijų taikymas aprangos pramonėje

Šiuo metu klijavimo technologija vis dažniau taikoma aprangos pramonėje. Klijavimo technologija, kitaip vadinama, „besiūle“ (*angl.* „sewfree“) technologija, taikoma kaip alternatyva siuvimo technologijai, nes užtikrina panašią ar kai kuriais atvejais net geresnę, pvz., aprangos gaminių, apsaugančių nuo lietaus ar vėjo, kurių siūlės turi nepraleisti vandens ar oro, junginių kokybę. Kadangi technologija dar sąlyginai nauja, aprangos kūrėjai, dizaineriai, konstruktoriai puikiai išnaudoja klijuotinius junginius ir kaip puošybos, dizaino elementus suderindami juos su gaminių funkcionalumu. Tai padaryti leidžia klijuotinių junginių technologijos, kurių pagalba galima suformuoti įvairius mazgus.

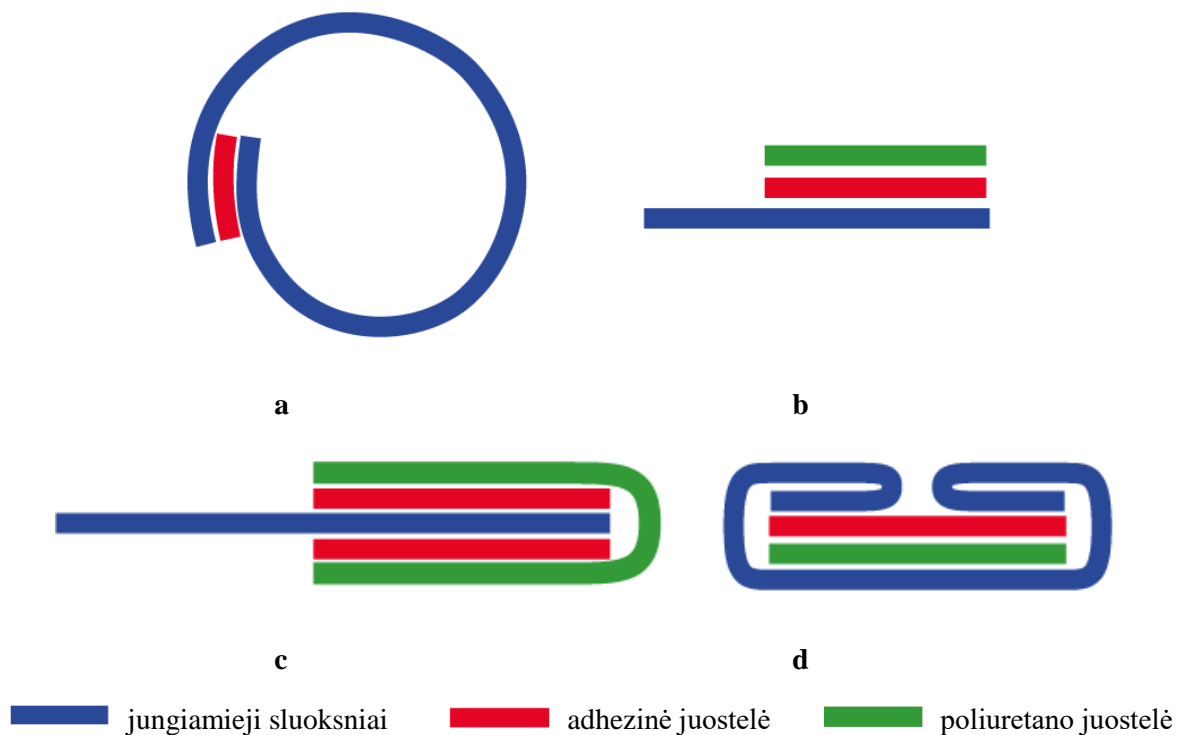
Taikant klijavimo technologiją naudojamos medžiagos gali būti skirtingo pavidalo, pvz., plėvelės, juostos, tinkleliai ar siūlai, kurie gali būti naudojami sandarinimui net ir tarp netermoplastinių medžiagų sluoksnių. Patys klijai yra plačiai naudojami tekstilės pramonėje medžiagų sluoksnių ar pluoštų jungimui [13 – 15], taip pat apsauginiams medžiagų sluoksniams (dengtoms medžiagoms [16 – 18], kilimams, kiliminėms dangoms [19, 20]), dekoratyvinui apdailai [21].

„Besiūlės“ technologijos pagalba suformuojamas adhezinis ryšys tarp skirtingų sintetinių medžiagų sluoksnių. Drabužis, pagamintas taikant klijavimo technologiją, dažniausiai yra lengvesnis nei naudojant siūtinę siūles [22].

1.2 ir 1.3 paveiksluose pateikiamos klijuotinių junginių schemas.



1.2 pav. Klijuotinių junginių schemas: a – uždėtinė siūlė, b – užkeistinė siūlė, c – kraštavimo siūlė, d – kraštuotinė siūlė



1.3 pav. Klijuotinių junginių schemas: a – užkeistinė siūlė, b – uždėtinė siūlė, c – kraštavimo siūlė, d – dirželinė siūlė

„Fashion House Dyne“ prekės ženklo naujausia "Streetwear" kolekcija ir „besiūlė“ technologija, panaudota gaminiuose, sukėlė sensaciją. Įmonė teigia, kad tradicinių siūlinių siūlių pakeitimas klijuotinais junginiais padėjo sukurti lengvesnius, puošnesnius gaminius su papildomais elementais, tokiais kaip fluorescencinės lipnios juostos. Kitas prekės ženklas, pasirinkęs klijavimo technologiją, yra lauko aprangos gamintojas „Patagonia“, kuris daugiausia dėmesio skiria aprangos dėvėjimui ekstremaliomis sąlygomis. Įmonės dizaineris pasirinko klijavimo technologiją siekdamas iš gaminių pašalinti skylutes, kurios atsiranda aprangą siuvant įprastu būdu, tačiau džiaugėsi ir estetiniu vaizdu. „Sewfree“ technologiją taip pat naudoja prekės ženklai „Viktoria’s Secret“, „Nike“ ir „Alexander Wang“ [23].



Klijuotiniai junginiai yra kur kas lankstesni nei įprastos siūtinės siūlės, taip pat ši technologija leidžia gaminti lengvesnę sportines aprangą, išsprendžia nelaidumo garams ir vandeniui problemas. „Besiūlė“ technologija įmonėms padeda gaminti kokybiškesnę aprangą, tuo pačiu sumažinant laiko ir darbo kaštus, reikalingus galutiniam produktui pagaminti [23].

1.1 lentelėje pateikiami rinkoje parduodamų aprangos ir jos detalių, kuriuose naudojama „besiūlė“ technologija, pavyzdžiai.

1.1. lentelė. „Besiūlės“ technologijos taikymo aprangoje ir pavyzdžiai

 <p>[24]</p>	<p>Klijuotinais junginiais jungiamos ir dekoruojamos aktyvaus laisvalaikio, sporto gaminių detalės.</p>
 <p>[25]</p>	<p>Sportinė moteriška liemenėlė, kurios detalių jungimui ir kraštų apdorojimui taikytos siuvimo ir klijavimo „besiūlė“ technologijos.</p>

1.1 lentelės tęsinys

 <p>[26]</p>	<p>Lazeriu prapjauta kišenės anga ir įklijuotas užtrauktukas. Kišenės vieta dekoruota priklijuota juoste.</p>
 <p>[27]</p>	<p>Vandeniui nelaidaus, bet orui laidaus kombinezono siūlės sujungtos taikant klijavimo technologiją.</p>
 <p>[28]</p>	<p>Profesionalus slidininko lenktynių kostiumas. Detalės margintos, jungimui naudotos siuvimo ir „besiūlė“ technologijos.</p>

1.3. Apibendrinimas

Šiuo metu klijuotiniai junginiai sparčiai populiarėja sporto bei laisvalaikio aprangos gamyboje, kur dažniausiai naudojamos margintos medžiagos. Marginimo metu medžiagos veikiamos dažais ir aukšta temperatūra, o klijuotinių junginių sudarymo metu – aukšta temperatūra ir slėgiu. Junginių kokybės problemų kyla ir dėl to, kad tame pačiame klijuotiniame junginyje jungiami skirtingai apdoroti medžiagos paviršiai. Formuojant klijuotinius junginius iš margintų megztinių medžiagų keičiasi jų eksploatacinės savybės palyginti su nemargintomis medžiagomis, o eksploatacijos metu tokie gaminiai patiria dideles deformacijas, todėl medžiagos ir junginiai turi būti pakankamo stiprumo ir tūsumo bei šių savybių nekeisti.

Kadangi įvairių veiksnių poveikio gamybos procese bei su jais susijusių klijuotinių junginių eksploatacinių savybių vertinimo tyrimų yra mažai, sunku parinkti parametrus bei įvertinti jų įtaką klijuotiniams junginiams.

Įvertinus literatūros šaltinių analizės rezultatus buvo iškeltas toks šio **darbo tikslas** – ištirti ir įvertinti presavimo temperatūros ir marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui.

Tikslui įgyvendinti iškelti šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti megztinių medžiagų krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.
2. Įvertinti presavimo temperatūros įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.
3. Įvertinti marginimo įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui.

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Tyrimo objektų parinkimas ir pagrindimas

Tyrimo objektams pasirinktų megztinių medžiagų charakteristikos pateiktos 2.1 lentelėje. Formuojant klijuotinius junginius aprangoje susidaro skirtinga situacija tame pačiame junginyje, kuomet vienas klijuojamas sluoksnis nemargintas, kitas – margintas. Todėl tyrimui buvo pasirinkta nemargintos megztinės ir paruoštos tos pačios margintos ir medžiagos. Taip pat sporto bei laisvalaikio aprangos gamyboje jungiami skirtingos medžiagos krypties detalių kraštai, klijuotiniai junginiai eksploatacijos metu patiria dideles deformacijas. Todėl medžiagos ir junginiai turi būti pakankamo stiprumo, kuris turi nesikeisti eksploatacijos metu. Tai buvo vieni iš pagrindinių veiksnių, dariusių įtaką M1, M2, M3 ir M4 megztinių medžiagų pasirinkimui.

Iki bandymų visos tiriamos medžiagos, ne mažiau kaip 24 valandas, buvo laikomos kondicinėse sąlygose, t.y. esant santykiniam drėgmeniui $\varphi = 65 \pm 2 \%$ ir temperatūrai $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Kondicionavimo ir bandymo aplinka atitiko standarto LST EN ISO 139: 2006 reikalavimus [29].

2.1. lentelė. Megztinių medžiagų charakteristikos

Medžiagos pavadinimas	Medžiagos kodas ir gamintojo pavadinimas*	Storis, mm	Pluoštinė sudėtis*, %	Paviršinis tankis*, g/m ²	Siūlų ilginis tankis T, tex		Tankumo koeficientai, cm ⁻¹		Pynimo tipas	Apdaila *
							Vertikalusis, cm ⁻¹ (stulpelių skaičius cm)	horizontalusis, cm ⁻¹ (eilučių skaičius cm)		
Megztinė medžiaga	M1 „Malaga“	0,62±0,01	82 % poliesteris 18 % elastanas	190 +/- 5 %	-		42	30	Lygusis skersinis	nedažyta
Megztinė medžiaga	M2 „Mitilykra“	0,62±0,02	80 % poliesteris 20 % elastanas	240 +/- 5 %	-		38	35	Lygusis skersinis	nedažyta
Megztinė medžiaga	M3 „485 Colorado PL“	0,93±0,05	81 % poliesteris 19 % elastanas	200 +/- 5 %	-		42	30	Lygusis skersinis	nedažyta
Megztinė medžiaga	M4 „Tavolara 180“	0,4±0,06	80 % poliesteris 20 % elastanas	180 +/- 5 %	-		51	48	Metmeninis	nedažyta

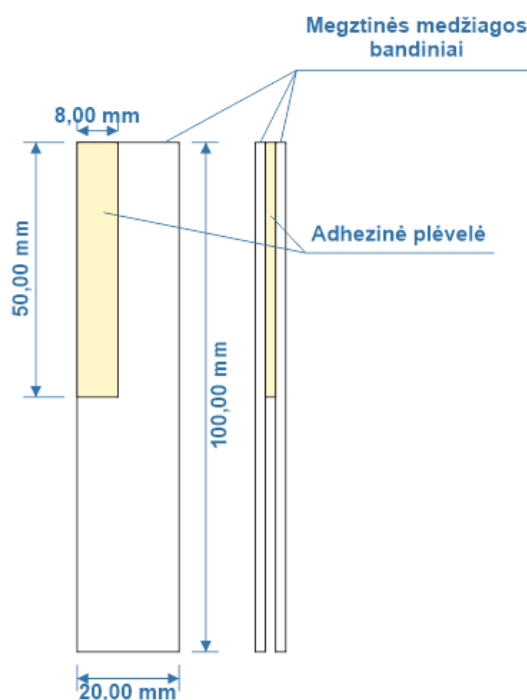
Pastabos. * Šios medžiagų charakteristikos buvo nurodytos gamintojo pateiktose medžiagų specifikacijose.

Siūlų vertikaliojo ir horizontaliojo tankumo koeficientams (kilpų stulpelių ir eilučių skaičiui vienetiniame ilgyje ir plotyje) nustatyti iš tiriamų medžiagų (M1, M2, M3, M4) buvo iškerpama po penkis bandinius. Tankumo koeficientai buvo nustatyti pagal standartą LST EN 1049-2: 1998 [30] apskaičiavus visų bandinių, 1-ame cm esančių kilpų stulpelių ir eilučių kryptimis aritmetinį vidurkį.

Tiriamų megztinių medžiagų bandinių storis buvo nustatytas su elektroniniu stormačiu „Louis Schopper Leipzig“, J-40-T, kurio prispaudimo disko plotas – 20 cm². Stormačiu atliekamų matavimų tikslumas – 0,01 mm. Norint nustatyti medžiagų storio vertę, matavimai buvo atlikti penkiose skirtingose bandinio vietose, ir apskaičiuoti jų aritmetiniai vidurkiai.

2.2. Klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika

Tekstilės medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimui buvo paruošta po penkias margintų ir nemargintų, stulpelių ir eilučių kryptių, 80 mm ilgio ir 20 mm pločio medžiagų juosteles. Iš jų suformuotos uždėtinės siūlės, jungiančios vienos bandinio juostelės gerąją pusę su kitos bandinio juostelės blogąją pusę. Naudota trijų sluoksnių, 100 % poliuretano (PU), 210 g/m² paviršinio tankio, 8 mm pločio ir 50 mm ilgio termoplastinė adhezinė plėvelė „Easy tape 301“, kurios storis 175 μm. Adhezyvo lydymosi temperatūra – 90°C-100°C, o jungimo temperatūra mažiausiai + 30°C aukštesnė už adhezyvo lydymosi temperatūrą. Bandinio schema pavaizduota 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Bandinio schema

Megztinėms medžiagoms marginti buvo naudojama skaitmeninio spausdinimo technologija. Pirmiausia, ypač didelės spartos spausdintuvu „Mimaki TS5 – 1600 AMF“ (2.2 pav.) ant specialaus sublimacinio popieriaus „TRANSJET® Sportline 9310“, kurio paviršinis tankis – 100 g/m² buvo atspausdintas „Navy“ spalvos dažų sluoksnis, dažų santykis – mėlyna 96 %, raudona 89 %, geltona 0 %, juoda 72 %. Spausdinimui naudoti vandeninio pagrindo dažai „J-Teck“ (2.3 pav.). Dažų sluoksnio perkėlimui nuo sublimacinio popieriaus ant tiriamų megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 buvo naudojamas termo presas „Monti Antonio – 853“ (2.4 pav.), kurio presavimo temperatūra – 200 °C, medžiaga su popierium presavimo veleno spaudžiama 500 kPA slėgiu, veleno sukimosi greitis – 1 m/min, o medžiagos kontakto su velenu trukmė – 32 s.



2.2 pav. Rašalinis spausdintuvas „Mimaki TS5 – 1600 AMF“

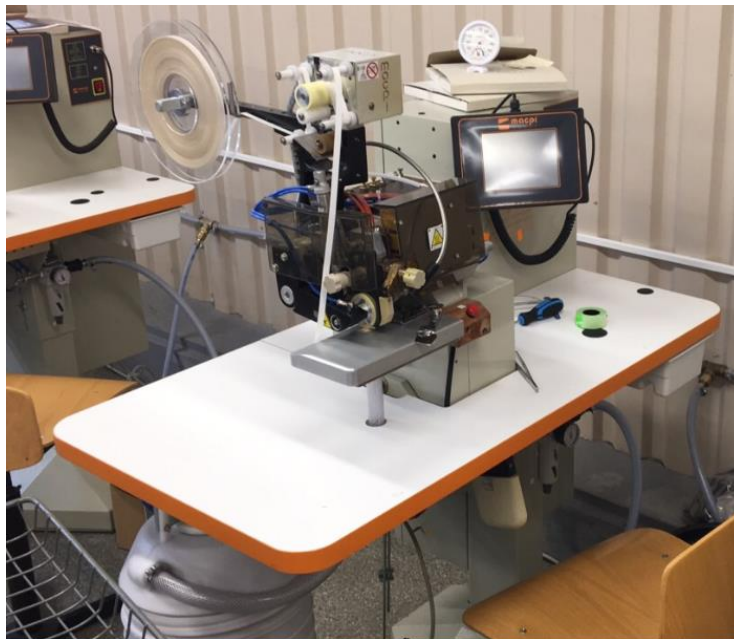


2.3 pav. Vandeninio pagrindo dažai „J-Teck“



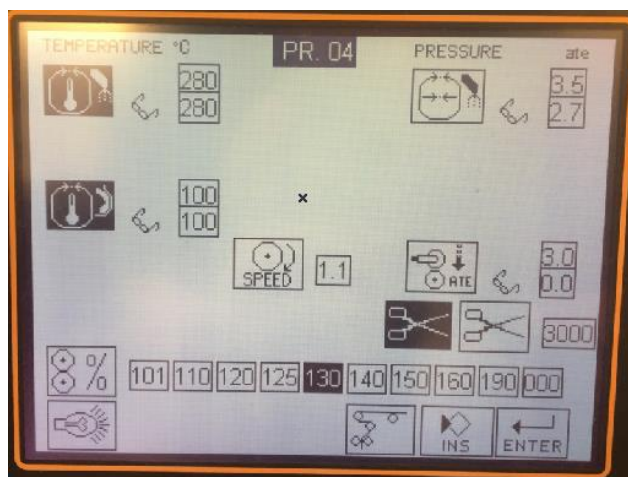
2.4 pav. Termo presas „Monti Antonio – 853“

Termoplastinės adhezinės juostelės uždėjimui ant megztinių medžiagų bandinių buvo naudojamas elektropneumatinis įrenginys „Macpi 335.30“ (2.5 pav.).



2.5 pav. Elektropneumatinis detalių kraštų padengimo adheazine juostele įrenginys „Macpi 335.30“ (Macpi, 2017)

Remiantis gamintojo rekomendacijomis buvo nustatyti juostelės uždėjimui tinkami technologiniai parametrai (2.6 pav.). Kad adhezinė juostelė įkaistų iki reikiamos temperatūros ir suminkštėtų, į ją 270 kPa slėgiu pučiamas iki 280°C įkaitintas oras. Papildomai juostelę šildo iki 100°C temperatūros įkaitinta metalinė plokštelė, kurios paviršiumi ji slysta. Velenėlių, transportuojančių medžiagą, sukimosi greitis – 1,1 m/min, jų tarpusavio sukimosi diferencialas – 130 %, o medžiagos ir adhezinės juostelės slėgis – 0 kPa.



2.6 pav. Elektropneumatinio adhezinės juostos patiesimo ir jungimo prie medžiagos paviršiaus įrenginio parametrai

Viena megztinės medžiagos bandinio juosta, prieš tai ant jos pažymėjus 50 mm atstumą, kur turi baigtis klijų juosta, dedama prie įrenginyje esančių velenėlių, įtraukiančių ir stumiančių medžiagą. Tuo pačiu momentu viršutinis velenas, besisukdamas bandinio krašte patiesia ir priklijuoja adhezinę juostelę. Ties ant medžiagos esančia 50 mm žyma įrenginys sustabdomas, ir juostelė nukerpama.

Klijuotinių junginių galutiniam presavimui buvo naudojamas vakuuminio presavimo su vėsinimo funkcija įrenginys (presas) „Macpi 514.37“ (2.7 pav.). Bandinys, su jau uždėta adhezine juosta dedamas ant įrenginio pagrindo, kurio matmenys yra 800 mm × 250 mm, vakuumas jį pritraukia, tuomet kita megztinės medžiagos bandinio juosta dedama ant jo, ir uždaromas presavimo įrenginio dangtis. Presavimo įrenginio darbo dalis pasisuka iki padėties, kurioje nustatoma tinkama presavimo temperatūra ir presavimo slėgis. Po to nustatytą trukmę klijuotinis junginys presuojamas. Visais atvejais buvo nustatyti 200 kPa presavimo slėgis ir 10 s presavimo trukmė, o presavimo temperatūra T buvo keičiama nuo 150°C iki 180°C, kas 10°C, atitinkamai. Po presavimo etapo presavimo įrenginio darbo dalis pasisuka 180° kampu ir sustoja atvėsinimo zonoje, kurioje cirkuliuojantis oras atvėsina bandinius. Aušinimas paspartina klijų polimerizaciją. Vakuuminio presavimo įrenginio su vėsinimo funkcija „Macpi 514.37“ techninės charakteristikos pateikiamos 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Vakuuminio presavimo su vėsinimo funkcija įrenginio „Macpi 514.37“ techninės charakteristikos

Presavimo pagrindų matmenys, mm	800 mm × 250 mm
Presavimo temperatūra, °C	0°C - 350°C
Presavimo trukmė, s	0 s – 200 s
Presavimo slėgis, kPa	0 kPa – 600 kPa



2.7 pav. Vakuuminio presavimo su vėsinimo funkcija įrenginys „Macpi 514.37“

Megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrime buvo naudojama kompiuterizuota tempimo mašina Tinius Olsen H10 KT (2.8 pav.). Junginių išsluoksniavimo greitis – 50 mm/min, santykinė paklaida iki 10 %.



2.8 pav. Tempimo mašina Tinius Olsen H10KT

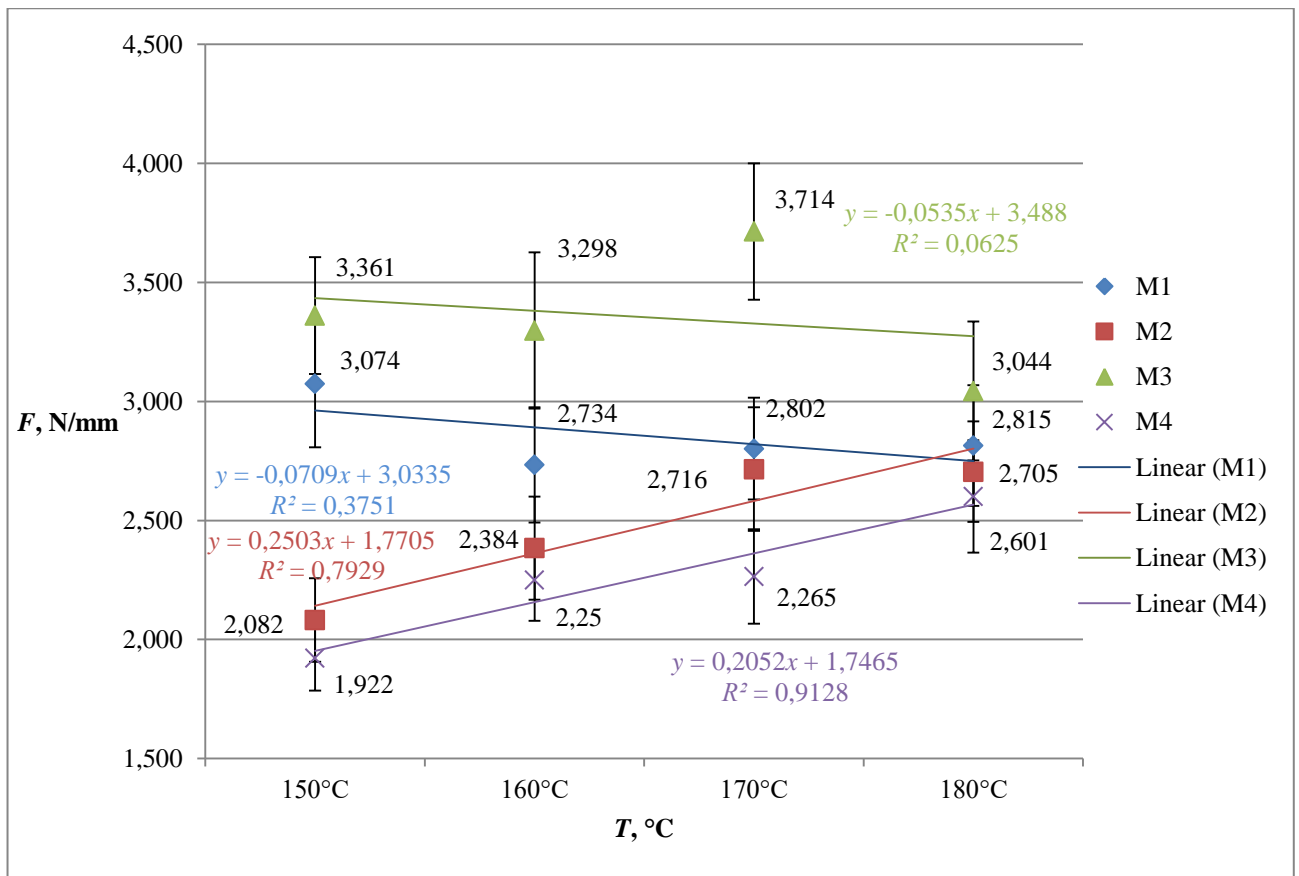
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Megztinių medžiagų krypties klijuotiniame junginyje ir presavimo temperatūros įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

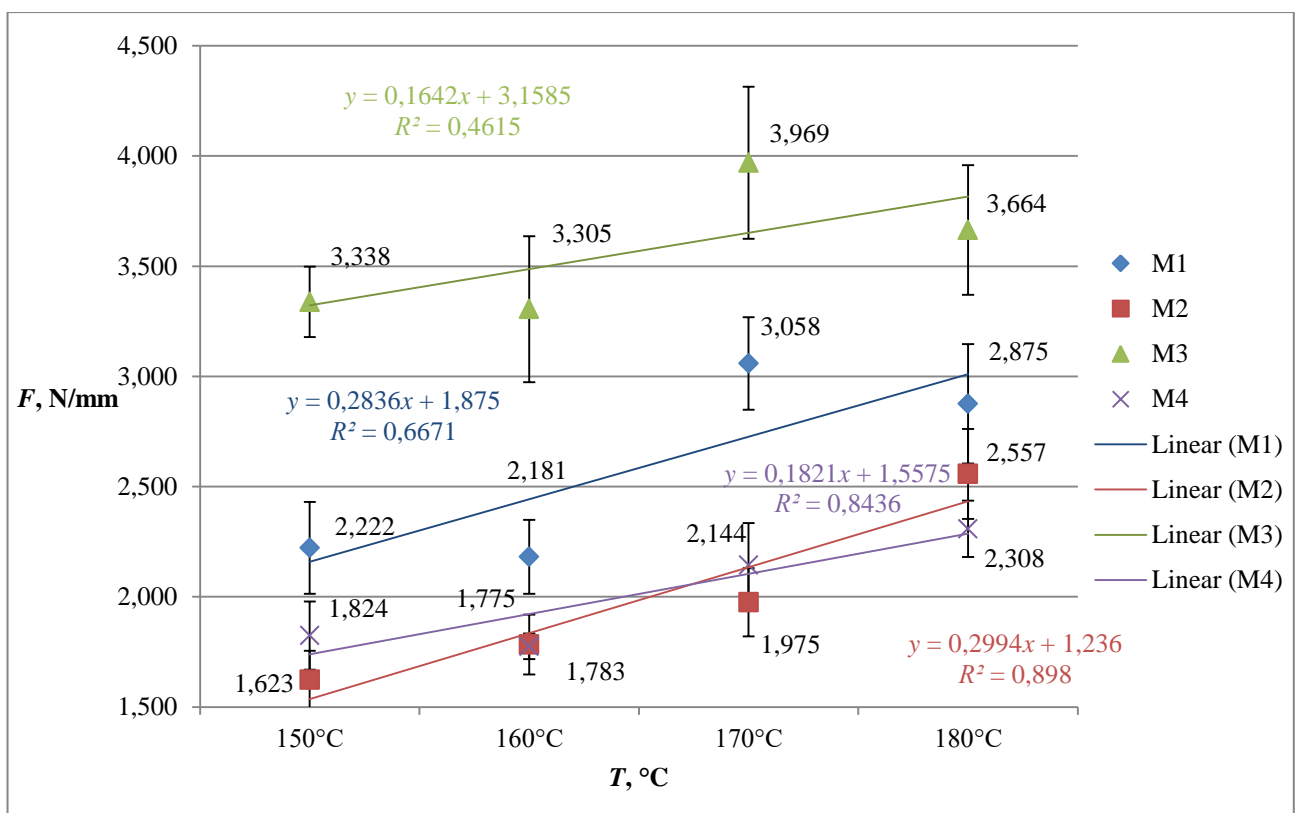
Megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertinimas, presavimo metu naudojant skirtingas temperatūras $T = 150, 160, 170, 180$ °C ir esant fiksuotam presavimo laikui $t = 10$ s, buvo atliekamas su keturių skirtingų megztinių medžiagų bandiniais (2.1 lent.). Nemarginti bandiniai buvo sukirpti ir suklijuoti stulpelių ir eilučių, kryptimis. 3.1 paveiksle pateikiamos išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo temperatūros ir medžiagos krypties klijuotiniame junginyje.

Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad presavimo temperatūra ir medžiagų kryptis skirtingai veikia megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 bandinių klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertes. Tik dviejų megztinių medžiagų M2 ir M4 (3.1 pav., a), kirptų stulpelių kryptimi, klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris, esant žemiausiai 150 °C presavimo temperatūrai, yra mažiausias, o kirptų eilučių kryptimi – tik vienos medžiagos M2 (3.1 pav., b).

M4 metmeninio mezgimo ploniausios bei tankiausios medžiagos stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra mažiausias palyginti su kitomis tirtomis medžiagomis. Taikant žemiausią presavimo temperatūrą $T = 150$ °C išsluoksniavimo stipris buvo ($1,922 \pm 0,14$ N/mm) (3.1 pav., a), presavimo temperatūrai didėjant, didėja ir išsluoksniavimo stiprio vertės, o pasiekus maksimalią 180 °C temperatūrą, išsluoksniavimo stiprio vertė taip pat maksimaliai padidėja ($2,601 \pm 0,24$ N/mm). Didžiausi bandinių išsluoksniavimo stiprio verčių pokyčiai matomi presavimo temperatūrai didėjant nuo 150 °C iki 160 °C ir nuo 170 °C iki 180 °C, atitinkamai 14,6 % ir 12,9 %, o temperatūrai padidėjus nuo 160 °C iki 170 °C išsluoksniavimo stiprio vertė beveik nepakito ($2,25 \pm 0,172$ N/mm – $2,265 \pm 0,198$ N/mm, 0,66 %), skirtingai nei eilučių krypties bandinių (3.1 pav., b), kurių mažiausia išsluoksniavimo stiprio vertė buvo taikant 160 °C presavimo temperatūrą, o didžiausias išsluoksniavimo stiprio verčių pokytis buvo fiksuotas nuo 160 °C iki 170 °C ($1,775 \pm 0,058$ N/mm – $2,144 \pm 0,19$ N/mm, 17,91 %). Tačiau žvelgiant į megztinės medžiagos M4 stulpelių ir eilučių krypties junginių išsluoksniavimo stiprio vertes visais skirtingų presavimo temperatūrų atvejais matyti, kad stulpelių krypties bandinių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės nei eilučių krypties bandinių nuo 1,08 iki 1,13 karto, o palyginti su didžiausio išsluoksniavimo stiprio M3 medžiagos klijuotiniais junginiais, M4 medžiagos stulpelių krypties klijuotinių junginių (3.1 pav., a) išsluoksniavimo stipris yra mažesnis nuo 1,17 iki 1,74 karto.



a



b

3.1 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio F priklausomybės nuo presavimo temperatūros T

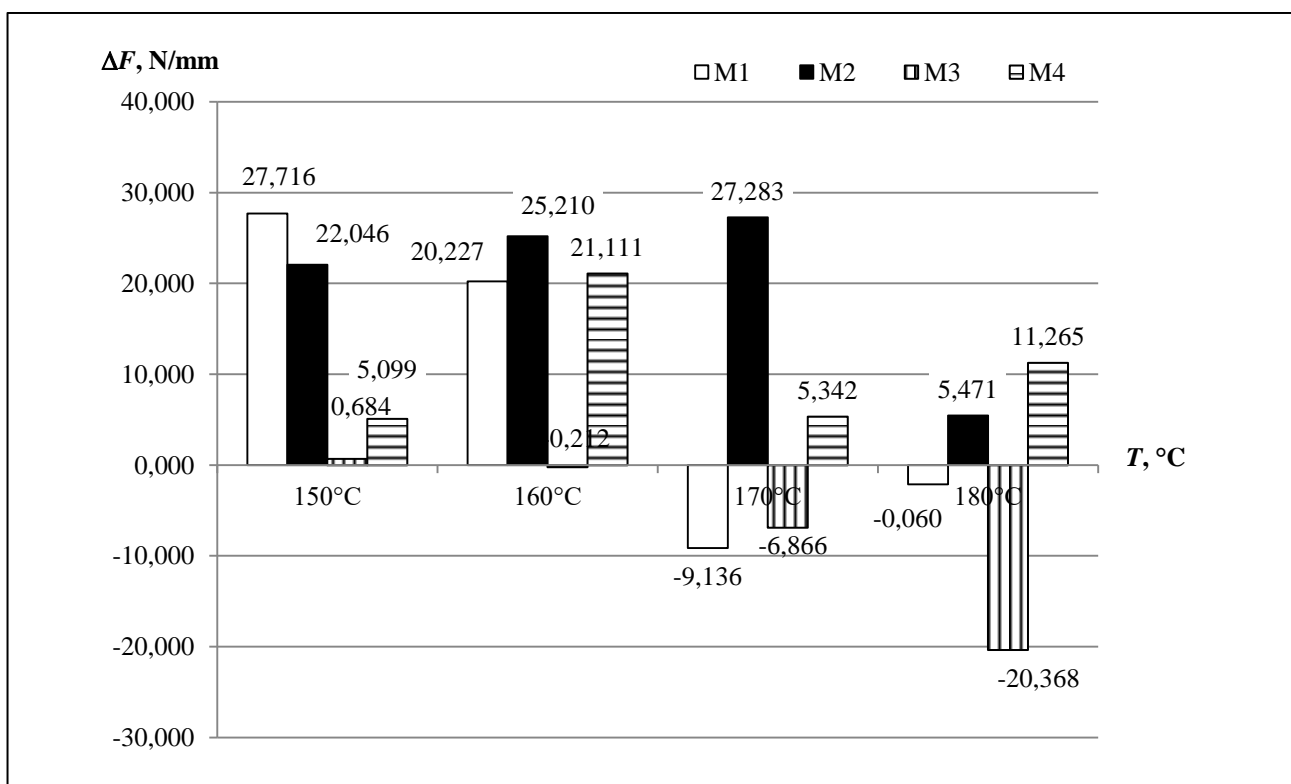
Megztinės medžiagos M2 stulpelių krypties bandinių išluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencija yra labai panaši į megztinės medžiagos M4 (3.1 pav., a), tačiau skirtingai nei jos, visais presavimo temperatūrų atvejais išluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės, o aukščiausia išluoksniavimo stiprio vertė užfiksuojama, esant 170 °C presavimo temperatūrai ($2,716 \pm 0,26$ N/mm), nors esant 180 °C presavimo temperatūrai ji beveik nepakinta ($2,705 \pm 0,211$ N/mm) ir sumažėja vos 0,41 %, tačiau šis labai nežymus verčių pokytis, esantis paklaidų ribose, leidžia daryti prielaidą, kad pavyzdžiui, padidinus presavimo temperatūrą iki 190 °C, išluoksniavimo stipris galimai padidėtų. Mažiausia išluoksniavimo stiprio vertė ($2,082 \pm 0,175$ N/mm), fiksuota taikant žemiausią 150 °C presavimo temperatūrą. Didžiausias išluoksniavimo verčių pokytis – 23,34 % nustatytas presavimo temperatūrą didinant nuo 150 °C iki 170 °C.

Palyginus megztinės medžiagos M2 stulpelių ir eilučių krypties junginių išluoksniavimo stiprio vertes (3.1 pav.) matyti, kad eilučių krypties bandinių išluoksniavimo stiprio vertės visais presavimo temperatūrų atvejais yra mažesnės ir skiriasi nuo 1,06 iki 1,38 karto. Eilučių krypties kljuotinių junginių didžiausia išluoksniavimo stiprio vertė, skirtingai nei stulpelių krypties junginių, yra taikant 180 °C presavimo temperatūrą ($2,557 \pm 0,204$ N/mm), o didžiausias išluoksniavimo stiprio 22,76 % verčių pokytis fiksuojamas presavimo temperatūrai didėjant nuo 170 °C iki 180 °C. Nuo 150 °C iki 170 °C ir stulpelių ir eilučių krypties bandinių išluoksniavimo stiprio vertės kyla, tačiau eilučių krypties atveju didėjimo tendencija 4,61 % mažesnė nei stulpelių. Abiem megztinės medžiagos M2 kryptimis matomas stiprus tiesinis ryšys tarp išluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros, determinacijos koeficientas R^2 stulpelių kryptimi yra 0,7929, o eilučių kryptimi – 0,898.

Megztinės medžiagos M3 junginių išluoksniavimo stiprio vertės (3.1 pav.) skirtingais presavimo temperatūrų ir medžiagos krypties atvejais iš visų tiriamų medžiagų, M1, M2, M4, yra didžiausios, o lyginant bendras išluoksniavimo stiprio kitimo tendencijas stulpelių krypties atveju (3.1 pav., a) yra priešingos M2 ir M4, nes kylant presavimo temperatūrai išluoksniavimo stiprio vertės mažėja, išskyrus tuomet, kai taikoma 170 °C presavimo temperatūra, ir fiksuojamas didžiausias išluoksniavimo stipris ($3,714 \pm 0,286$ N/mm). Presavimo temperatūrai pakilus iki 180 °C išluoksniavimo stipris sumažėja 18,04 %, iki mažiausios išluoksniavimo stiprio vertės ($3,044 \pm 0,292$ N/mm). Didžiausias 11,21 % išluoksniavimo stiprio kilimas yra presavimo temperatūrai didėjant nuo 160 °C iki 170 °C, o esant žemiausiai 150 °C presavimo temperatūrai, skirtingai nei megztinių medžiagų M2 ir M4 stulpelių krypties ir M4 eilučių krypties junginių atvejais, išluoksniavimo stiprio vertė atitinkamai $3,361 \pm 0,245$ N/mm ir $3,338 \pm 0,16$ N/mm nėra mažiausia. Taip pat nustatyta, kad megztinės medžiagos M3 didžiausia išluoksniavimo stiprio vertė ($3,969 \pm 0,345$ N/mm) (3.1 pav., b), skirtingai nei visų kitų tirtų medžiagų, yra eilučių krypties junginių ir 6,42 % didesnė nei stulpelių krypties. Bendra M3 junginių išluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencija skiriasi, stulpelių kryptimi presavimo temperatūrai didėjant, išluoksniavimo stipris mažėja, o eilučių kryptimi didėja.

Šiuo atveju determinacijos koeficientas R^2 stulpelių kryptimi yra 0,0625, 7,38 karto mažesnis nei eilučių kryptimi – 0,4615, tačiau abiem atvejais tiesinės priklausomybės tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros nenustatyta.

Megztinės medžiagos M1 stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio didžiausia vertė ($3,074 \pm 0,266$ N/mm) (3.1 pav., a), skirtingai nei visų kitų tirtų medžiagų, yra taikant 150 °C presavimo temperatūrą. Bendra išsluoksniavimo stiprio kitimo tendencija sutampa su megztinės medžiagos M3, ir didėjant temperatūrai, išsluoksniavimo stiprio vertės mažėja. Didžiausias išsluoksniavimo stiprio verčių 11,07 % pokytis, kuomet išsluoksniavimo stipris mažėja ir pasiekia mažiausią vertę ($2,734 \pm 0,244$ N/mm), fiksuojamas presavimo temperatūrai didėjant nuo 150 °C iki 160 °C. Presavimo temperatūrai didėjant nuo 160 °C iki 180 °C matomas labai nežymus 2,88 % išsluoksniavimo stiprio didėjimas, kintantis paklaidų ribose. Megztinės medžiagos M1 klijuotinių sujungimų stulpelių kryptimi išsluoksniavimo stiprio vertės kinta paklaidų ribose, o klijuotinių junginių eilučių kryptimi (3.1 pav., b), ne. Palyginti su stulpelių krypties junginių, nustatyta priešinga eilučių krypties junginių išsluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencija. Temperatūrai didėjant, didėja ir išsluoksniavimo stipris. Šiuo atveju determinacijos koeficientas R^2 stulpelių krypties klijuotinių junginių yra 0,3751 ir nerodo priklausomybės tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros, o eilučių kryptimi priklausomybė stipresnė, determinacijos koeficientas R^2 yra 0,6671.











3.2 pav. Medžiagų krypties įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui













Vertinant medžiagos krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, nustatytas reikšmingas santykinio skirtingų kryptių junginių išsluoksniavimo stiprio skirtumas $\Delta F=(F_S-F_E)/F_S \times 100, \%$ (čia F_S – stulpelių krypties junginių išsluoksniavimo stipris; F_E – eilučių krypties junginių išsluoksniavimo stipris), kintantis nuo -9,136 % iki 27,716 % (3.1.2 pav.). M1 medžiagos jis didžiausias. Esant žemesnei presavimo temperatūrai, skirtumai tarp skirtingų medžiagų kryptių klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio yra didesni. Šiais atvejais stulpelių krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didesnis.

3.1. lentelėje pateikiamos nuotraukos megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 stulpelių ir eilučių kryptių junginių, kurie buvo suklijuoti taikant presavimo temperatūras T 150°C, 160°C, 170°C, 180°C ir vėliau išsluoksniuoti. Pateiktose išsluoksniuotų junginių nuotraukose matyti, kaip klėjai, veikiami skirtingų presavimo temperatūrų pasiskirstė ant medžiagos paviršiaus ir leidžia paaiškinti, kodėl skirtingais atvejais išsluoksniavimo stipris yra didesnis arba mažesnis.

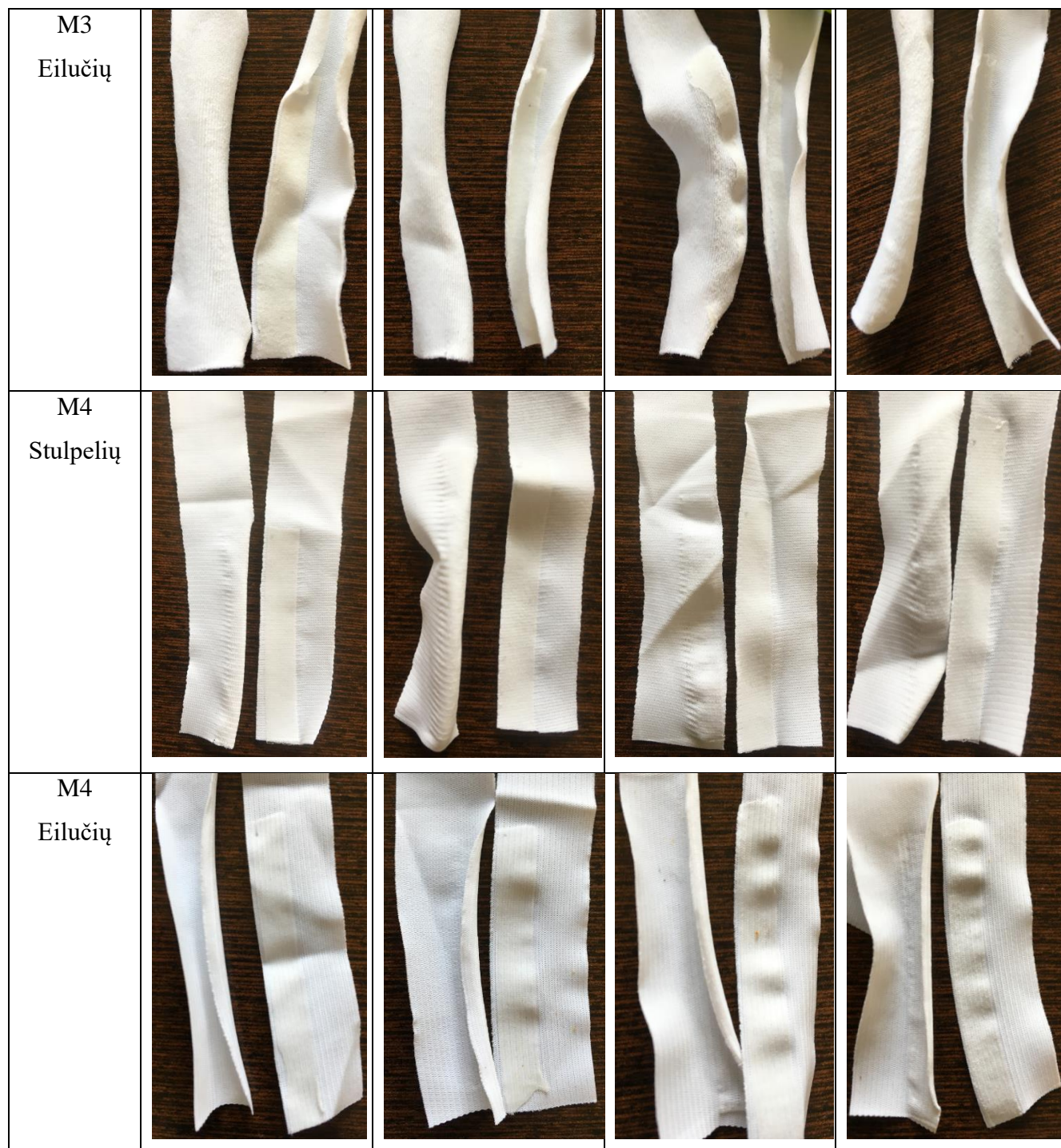
3.1. lentelė. Megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 (stulpelių ir eilučių kryptių) klijuotinių junginių po išsluoksniavimo bandymų vaizdai

Medžiaga ir kryptis	Presavimo temperatūra $T, ^\circ\text{C}$			
	150°C	160°C	170°C	180°C
M1 Stulpelių kryptimi				
M1 Eilučių kryptimi				

3.1. lentelės tęsinys

M2 Stulpelių kryptimi				
M2 Eilučių kryptimi				
M3 Stulpelių				

3.1. lentelės tęsinys



Megztinės medžiagos M1 stulpelių krypties išsluoksniuotų , junginių, suformuotų (3.1. lentelė.), esant 150 °C presavimo temperatūrai, vaizdai yra panašūs į megztinės medžiagos M3 išsluoksniuotų junginių. Klijai liko ant abiejų klijuotinio junginio medžiagų sluoksnių, taip pat netolygiai pasiskirstę ant medžiagos paviršiaus, ir išsluoksniuojant plyšo, tačiau skiriasi tuo, kad M1 išsluoksniavimo stiprio vertės šiuo atveju yra didžiausios. Skirtingai nei M1 medžiagos eilučių krypties klijuotinių junginių, kuriuos išsluoksniavus beveik visa klijų masė liko ant bandinio gerosios pusės dalies, o išsluoksniavimo stipris šiuo atveju buvo 1,38 karto mažesnis nei stulpelių krypties junginių.

Presavimo temperatūrai padidėjus iki 160 °C adhezinės juostelės klijai liko tik ant vienos junginio medžiagos gerosios pusės, šiuo atveju stulpelių ir eilučių krypties išsluoksniuotų klijuotinių junginių klijų pasiskirstymo pobūdis toks pat. Tai paaiškina išsluoksniavimo stiprio stulpelių ir eilučių krypties junginiuose pasiektą mažiausią išsluoksniavimo stiprį, taip pat parodo, kad abiem atvejais išsluoksniavimo stipris tarp klijinės juostelės ir medžiagos gerosios ir išvirkščiosios pusių skiriasi. Toliau didinant temperatūrą nuo 160 °C iki 180 °C klijų įsiskverbimas gilėja, pasiskirstymas ant bandinio medžiagos dalių tampa tolygesnis, bet nevienodas, tačiau išsluoksniavimo stiprio vertės stulpelių krypties klijuotinių junginių vis tiek nežymiai didėja, o eilučių krypties junginių klijų sluoksnis išsluoksniuojant plyšta išilgai, dalis klijų lieka ant gerosios, kita dalis ant išvirkščiosios pusės, šis veiksnys lemia, šiuo atveju, didžiausias išsluoksniavimo stiprio vertes.

Pagal išsluoksniuotų megztinės medžiagos M2 junginių vaizdus, kaip ir M4 (3.1. lentelė), junginių esant 150 °C presavimo temperatūrai adhezinės juostelės klijai liko ant vienos bandinio medžiagos dalies, tačiau megztinės medžiagos M2 atveju klijai liko ant išvirkščiosios medžiagos pusės, o megztinės medžiagos M4 atveju ant gerosios, kadangi M2 ir M4 medžiagų pluoštinė sudėtis yra identiška – 80 % poliesteris, 20 % elastanas, tai galime daryti prielaidą, kad tokias išsluoksniavimo savybes nulėmė skirtingas medžiagų tankumas – M2 megztinės medžiagos vertikalusis yra 38 cm⁻¹, horizontalusis 35 cm⁻¹, o megztinės medžiagos M4 vertikalusis 51 cm⁻¹, horizontalusis 48 cm⁻¹ ir pynimo tipas, M2 – lygusis skersinis, M4 – metmeninis (2.1. lentele). Esant didesniai tankumui, mažesniai akučių skaičiui ir metmeniniam pynymui, adhezinės juostelės klijai sudarė stipresnę ahezinę ryšį su gerąja M4 medžiagos puse. Presavimo temperatūrai pakilus iki 160 °C klijai abiem atvejais taip pat liko ant vienos bandinio medžiagos dalies ir vizualiai pokyčio nematyti, tačiau padidėjusi išsluoksniavimo stiprio vertė leidžia teigti, jog į kitą medžiagos dalį klijai įsiskverbė šiek tiek giliau. Bandinių, kurie suklijuoti esant 170 °C presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo savybės jau skiriasi, medžiagos M2 atveju adhezinės juostelės klijų liko ant abiejų bandinio medžiagos dalių, tačiau klijai tolygiai neįsiskverbė į medžiagą ir plyšo išilgai bandinio, o medžiagos M4 atveju vizualiai matyti, kad klijų sluoksniai pasiskirsto tolygiau ant gerosios ir blogosios (išvirkščiosios) pusių, tai paaiškina ir išsluoksniavimo stiprio didėjimą. Taikant 180 °C presavimo temperatūrą, M2 atveju, po išsluoksniavimo didžioji dalis klijų liko ant išvirkščiosios medžiagos pusės ir tik atplyšęs kampas ant gerosios medžiagos viršutinės pusės paaiškina, kodėl išsluoksniavimo stiprio vertė labai nežymiai sumažėjo, o M4 medžiagos išsluoksniuotuose bandiniuose matomas dar tolygesnis klijų pasiskirstymas ant išvirkščiosios medžiagos dalies, todėl ir išsluoksniavimo stiprio vertės didėja.

Žvelgiant į megztinės medžiagos M2 eilučių krypties išsluoksniuotus junginius (3.1. lentelė), matomas išsluoksniavimo pobūdis yra labai panašus į stulpelių krypties, tačiau matyti, kad šiuo atveju klijų pasiskirstymas ant bandinio gerosios medžiagos pusės yra dar labiau paviršinis, o tai paaiškina,

kodėl visais skirtingais presavimo temperatūrų atvejais gautos išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės nei stulpelių krypties.

Pagal išsluoksniavimo savybes galima pastebėti, kad megztinės medžiagos M3 stulpelių krypties bandinių (3.1. lentelė) adhezinės juostelės klėjai prasčiausiai pasiskirstę, kai bandiniai buvo klijuoti esant 180 °C presavimo temperatūrai, nes klėjai likę tik ant vieno junginio sluoksnio išvirkščiosios pusės, o išsluoksniavimo stiprio vertė mažiausia. Taikant 150 °C ir 160 °C presavimo temperatūras klėjai liko ant abiejų junginio medžiagos sluoksnių, tačiau pasiskirstę netolygiai ant medžiagos paviršiaus, o kaip ir megztinės medžiagos M2 esant 170 °C presavimo temperatūrai, plyšta išilgai bandinio. Megztinės medžiagos M3 atveju, taikant 170 °C presavimo temperatūrą klėjai dalyje bandinio tolygiai pasiskirstė ant medžiagos, o likusios adhezinės juostelės dalys suplyšinejo gabalais, klėjai liko tai ant gerosios, tai ant išvirkščiosios junginio medžiagos sluoksnių .

Analizuojant megztinės medžiagos M3 eilučių krypties bandinius matomas šiek tiek tolygesnis adhezinės juostelės klijų pasiskirstymas, nei stulpelių krypties atveju, tai paaiškina, kodėl visoms presavimo temperatūroms, išskyrus 150 °C, gautos didesnės išsluoksniavimo stiprio vertės, bei stebima tendencija, kad kylant presavimo temperatūrai, didėja išsluoksniavimo stipris.

Išsluoksniavus megztinės medžiagos M4 stulpelių ir eilučių krypties junginius (3.1. lentelė), suklijuotus taikant 150 °C presavimo temperatūrą, adhezinės juostelės klėjai liko ant vieno junginio sluoksnio medžiagos gerosios pusės. O tai rodo, kad presavimo temperatūra per žema klijų klampumui sumažinti, taip padidinant jų įsiskverbimo į medžiagą efektyvumą. Šis veiksnys lėmė tai, kad išsluoksniavimo stiprio vertės šiuo atveju yra mažiausios. Kai buvo taikoma 160 °C ir 170 °C presavimo temperatūra, po išsluoksniavimo bandymų junginiai abiem atvejais atrodo labai panašiai, dalis adhezinės juostelės klijų liko ir ant išvirkščiosios medžiagos pusės, tačiau jų pasiskirstymas netolygus, bet išsluoksniavimo stiprio vertės padidėjo. Taikant 180 °C presavimo temperatūrą, po išsluoksniavimo bandymų, adhezinės juostelės klijų pasiskirstymas ir, tikėtina, įsiskverbimas į abu junginio sluoksnius buvo tolygus, išlaikantis tinkamą klijų tarpsluoksnį. Tai patvirtina didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės. Taikant parinktas presavimo temperatūras, išskyrus 170 °C, po junginių išsluoksniavimo matyti, kad nors vizualiai ir stulpelių, ir eilučių krypties junginiai atrodo labai panašiai, tačiau stulpelių krypties bandiniuose matomas nežymiai tolygesnis klijų įsiskverbimas į medžiagą. Todėl šiais atvejais ir išsluoksniavimo stiprio vertės stulpelių krypties junginiuose didesnės, o kai taikoma 170 °C temperatūra, adhezinės juostelės klijų pasiskirstymas ant eilučių krypties bandinių yra tolygesnis ir geriau matomas. Išsluoksniavimo stipris taip pat didesnis.

Apibendrinant 3.1 paveikslo a dalies rezultatus galima teigti, kad didėjant presavimo temperatūrai, stulpelių krypties M2 ir M4 medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris didėja, didėjant presavimo temperatūrai. Šiuo atveju determinacijos koeficientas R^2 yra 0,7929 (M2) ir 0,9128 (M4), o M1 ir M3 – mažėja, bet nerodo stipraus tiesinio ryšio: R^2 yra 0,3751 (M1) ir 0,0625 (M3). M1

(2,802 N/mm) ir M3 (3,714 N/mm) junginių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didžiausios, esant 170°C presavimo temperatūrai, o ne –180°C.

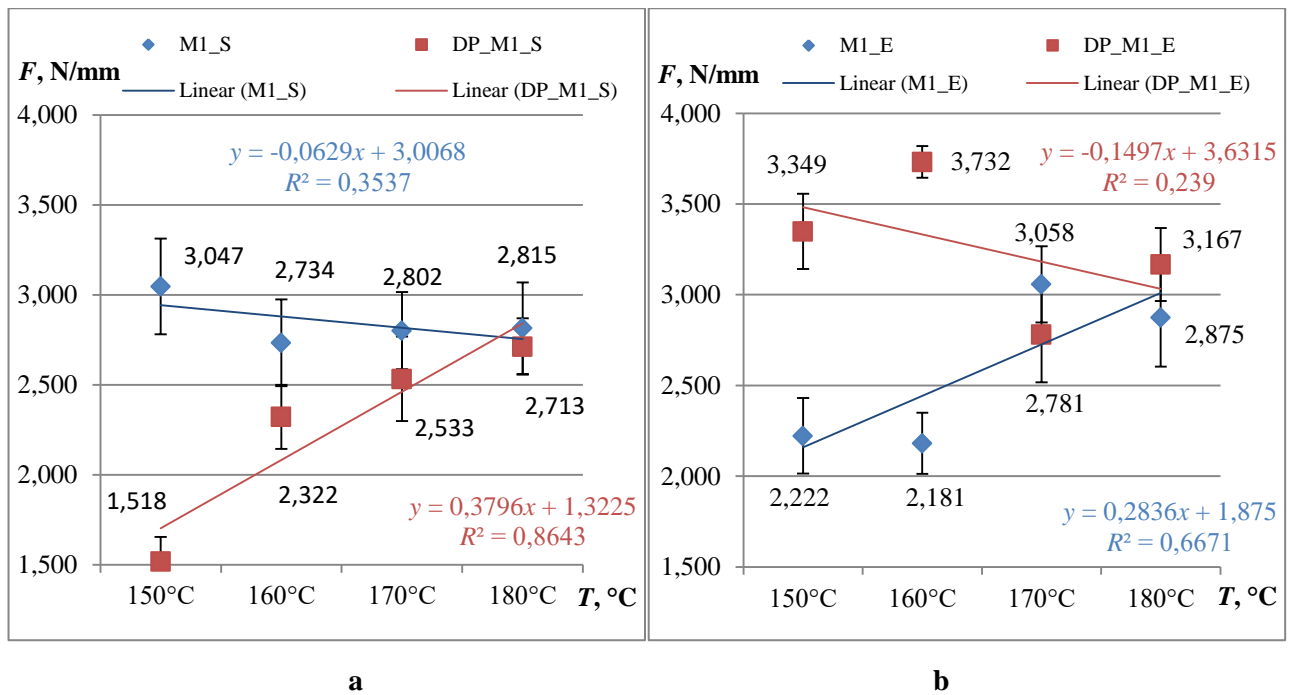
Eilučių krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris didėja (3.1 pav., b), didėjant presavimo temperatūrai. Determinacijos koeficientas R^2 kinta nuo 0,4615 iki 0,898. Stipresnė tiesinė priklausomybė tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros nustatyta M2 ($R^2 = 0,8980$) ir M4 ($R^2 = 0,8436$) medžiagoms. M2 (2,557 N/mm) ir M4 (2,308 N/mm) medžiagų didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės gaunamos, esant 180°C presavimo temperatūrai.

Taip pat analizuojant išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatus (3.1 pav.), pastebėtos tirtų medžiagų grupavimo į dvi grupes galimybės. Didesnėmis klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertėmis pasižymėjo M1 ir M3 megztinių medžiagų stulpelių ir eilučių krypčių klijuotiniai junginiai. Nors tirtų keturių megztinių medžiagų pluoštinės sudėties (1 lentelė) skirtumai yra nedideli, tačiau M1 (82 % PES, 18 % EL) ir M3 (81 % PES, 19 % EL) megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės už klijuotinių junginių, suformuotų iš M2 ir M4 megztinių medžiagų, kurių pluoštinė sudėtis yra vienoda (80 % PES, 20 % EL). M2 ir M4 medžiagose elastano pluošto yra daugiau nei M1 ir M3 medžiagose. Galima ir megztinių medžiagų tankumo įtaka išsluoksniavimo stiprio vertėms. M1 ir M3 medžiagų stulpelių (42 cm^{-1}) ir eilučių (30 cm^{-1}) tankumas vienodas. Tai galėtų paveikti vienodas klijų įsiskverbimo į medžiagos struktūrą sąlygas. M2 ir M4 medžiagų tankumas buvo skirtingas, bet didesnis už M1 ir M3 megztinių medžiagų. Galima daryti prielaidą, kad adhezyvo įsiskverbimas į jungiamų megztinių medžiagų struktūrą buvo mažesnis.

Vertinant medžiagos krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, nustatytas reikšmingas ir didžiausias megztinės medžiagos M1 santykinio skirtingų krypčių junginių išsluoksniavimo stiprio skirtumas, kintantis nuo -9,136 % iki 27,716 % (3.1.2 pav.).

3.2. Megztinių medžiagų marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui

Megztinių medžiagų marginimo įtakos klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui ir pobūdžiui tyrimas buvo atliekamas taikant skirtingas presavimo temperatūras $T = 150, 160, 170, 180 \text{ °C}$ ir esant fiksuotam presavimo laikui $t = 10 \text{ s}$. Naudojamos keturios skirtingos medžiagos (2.1 lentelė), kurios buvo marginamos. Iš jų sukirti ir suklijuoti bandiniai stulpelių ir eilučių kryptimis. 3.3 paveiksle pateikiamos margintos megztinės medžiagos M1 išsluoksniavimo stiprio priklausomybės nuo presavimo temperatūros.



3.3 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M1 (M1 – nemarginti bandiniai, DP M1 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F .

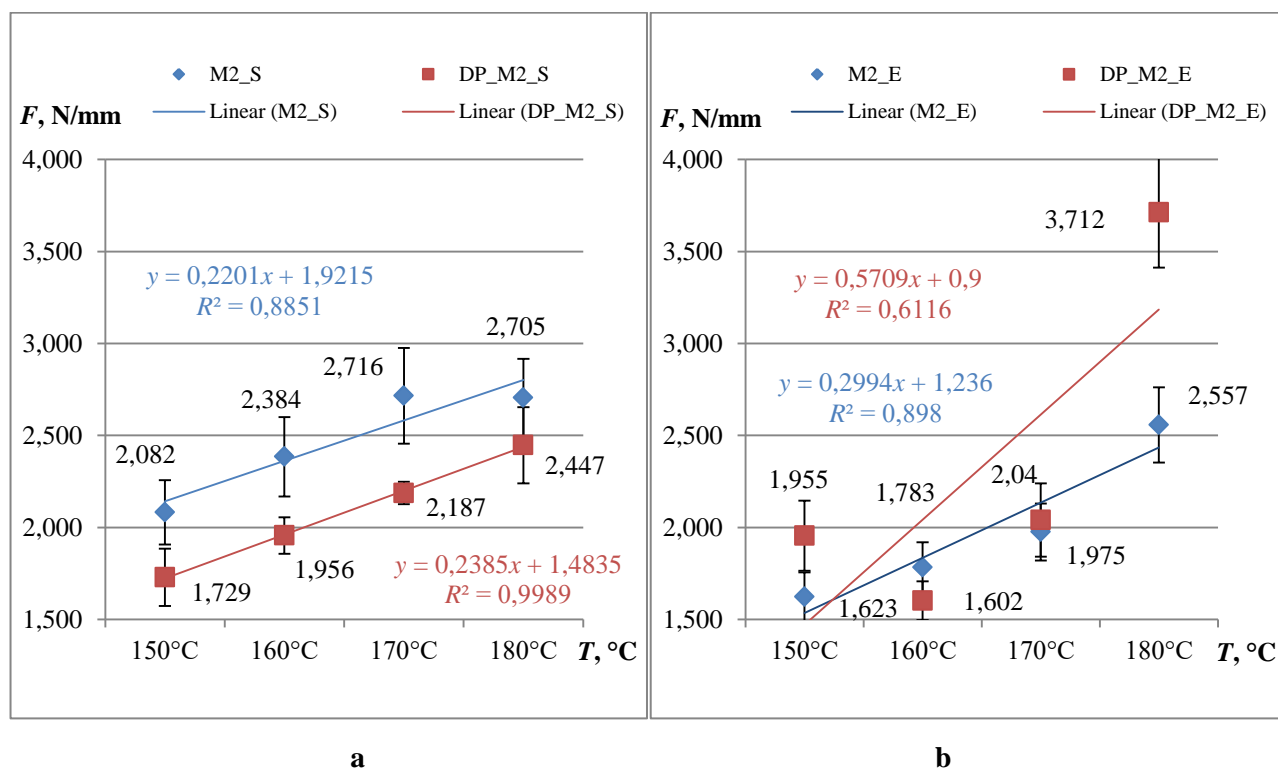
Iš gautų tyrimo rezultatų matyti, kad marginimas turėjo įtakos megztinės medžiagos M1 klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui (3.3 pav.) abiejų, ir stulpelių, ir eilučių krypties, atvejais. Margintų bandinių išsluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencija priešinga lyginant su nedažytų bandinių išsluoksniavimo stiprio vertėmis, stulpelių kryptimi jis didėja, eilučių – mažėja.

Stulpelių krypties margintų bandinių (3.3 pav., a) išsluoksniavimo stipris didinant presavimo temperatūrą didėja ir kinta nuo 1,518 N/mm iki 2,713 N/mm, skirtingai nei nemargintų, kuris mažėja, tačiau visų skirtingų presavimo temperatūrų atvejais M1 margintų bandinių išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės, net didžiausias išsluoksniavimo stipris yra mažesnis nei M1 nemargintų bandinių mažiausias – 2,734 N/mm. Didžiausias teigiamas 34,63 % išsluoksniavimo stiprio verčių pokytis fiksuojamas presavimo temperatūrą didinant nuo 150 °C iki 160 °C. Taikant 150 °C presavimo temperatūrą margintų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris ($1,518 \pm 0,137$ N/mm) 2 kartus mažesnis nei nemargintų. Matomas stiprus tiesinis ryšys tarp margintų bandinių išsluoksniavimo stiprio ir temperatūros. Determinacijos koeficientas R^2 yra 0,8643.

M1 margintos megztinės medžiagos eilučių krypties bandinių išsluoksniavimo stiprio vertės (3.3 pav., b) didinant presavimo temperatūrą mažėja ir kinta nuo 3,732 N/mm iki 2,781 N/mm. Didžiausias neigiamas išsluoksniavimo verčių 25,48 % pokytis matomas presavimo temperatūrai didėjant nuo 160°C iki 170 °C, tuomet fiksuojama mažiausia išsluoksniavimo stiprio vertė ($2,781 \pm 0,264$ N/mm), o šiuo atveju nedažytų bandinių išsluoksniavimo stiprio teigiamas 28,68 % pokytis yra didžiausias, kaip ir išsluoksniavimo stiprio vertė ($3,058 \pm 0,21$ N/mm). Taikant visas kitas presavimo temperatūras (150 °C, 160 °C, 180 °C) margintų bandinių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės

nei nemargintų, tačiau determinacijos koeficientas R^2 yra 0,239, ir tai nerodo tiesinės priklausomybės tarp junginių išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros.

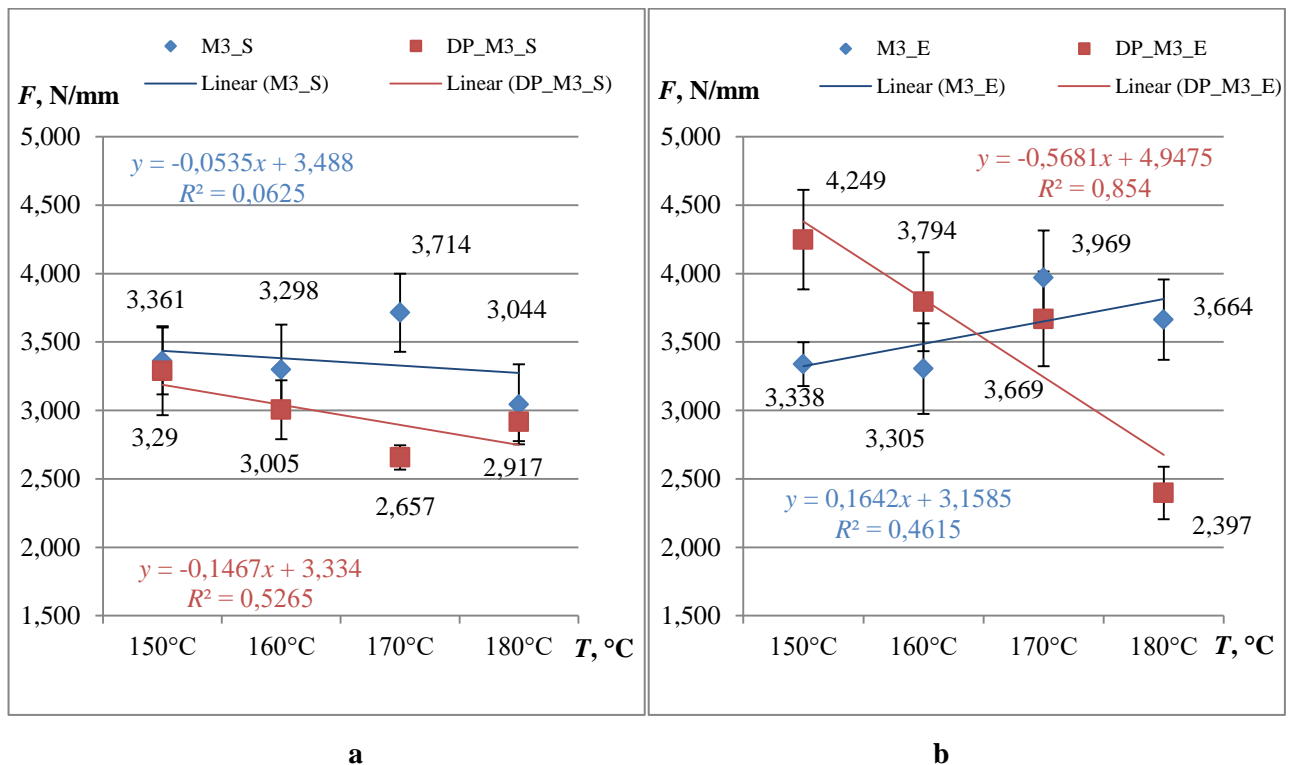
Margintos megztinės medžiagos M2 stulpelių ir eilučių klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatai (3.4 pav.) rodo, kad marginimas išsluoksniavimo stiprio kitimo tendencijų nepakeitė, jos išliko teigiamos. M2 medžiagos margintų stulpelių krypties bandinių (3.4 pav., a), taikant parinktas presavimo temperatūras, išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės nei nemargintų. Mažiausias išsluoksniavimo stipris ($1,729 \pm 0,156$ N/mm) fiksuojamas taikant 150°C , didžiausias ($2,447 \pm 0,207$ N/mm) taikant 180°C presavimo temperatūrą. Tiesinė priklausomybė tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros išsluoksniuojant margintos M2 medžiagos bandinius, lyginant su nemargintais, dar labiau sustiprėjo. Determinacijos koeficientas R^2 beveik pasiekė vienetą (0,9989).



3.4 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M2 (M2 – nemarginti bandiniai, DP M2 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F

Eilučių krypties margintos M2 megztinės medžiagos bandinių išsluoksniavimo stipris (3.4 pav., b) kinta nuo $1,602$ N/mm iki $3,712$ N/mm. Didžiausias 45,04 % teigiamas išsluoksniavimo stiprio verčių pokytis fiksuojamas presavimo temperatūrą didinant nuo 170°C iki 180°C . Didžiausia išsluoksniavimo stiprio vertė, kaip ir nemargintų bandinių, gauta taikant 180°C presavimo temperatūrą, tačiau margintų bandinių išsluoksniavimo stipris šiuo atveju 1,45 karto didesnis. Mažiausios išsluoksniavimo stiprio vertės gautos taikant skirtingas presavimo temperatūras, margintų bandinių ($1,602 \pm 0,105$ N/mm) – taikant 160°C , o nemargintų bandinių ($1,623 \pm 0,132$ N/mm) –

taikant 150 °C. Margintų bandinių išsluoksniavimo stiprio atveju determinacijos koeficientas R^2 yra 0,6116 ir rodo, kad tiesinis ryšys tarp presavimo temperatūros ir išsluoksniavimo stiprio sumažėja.



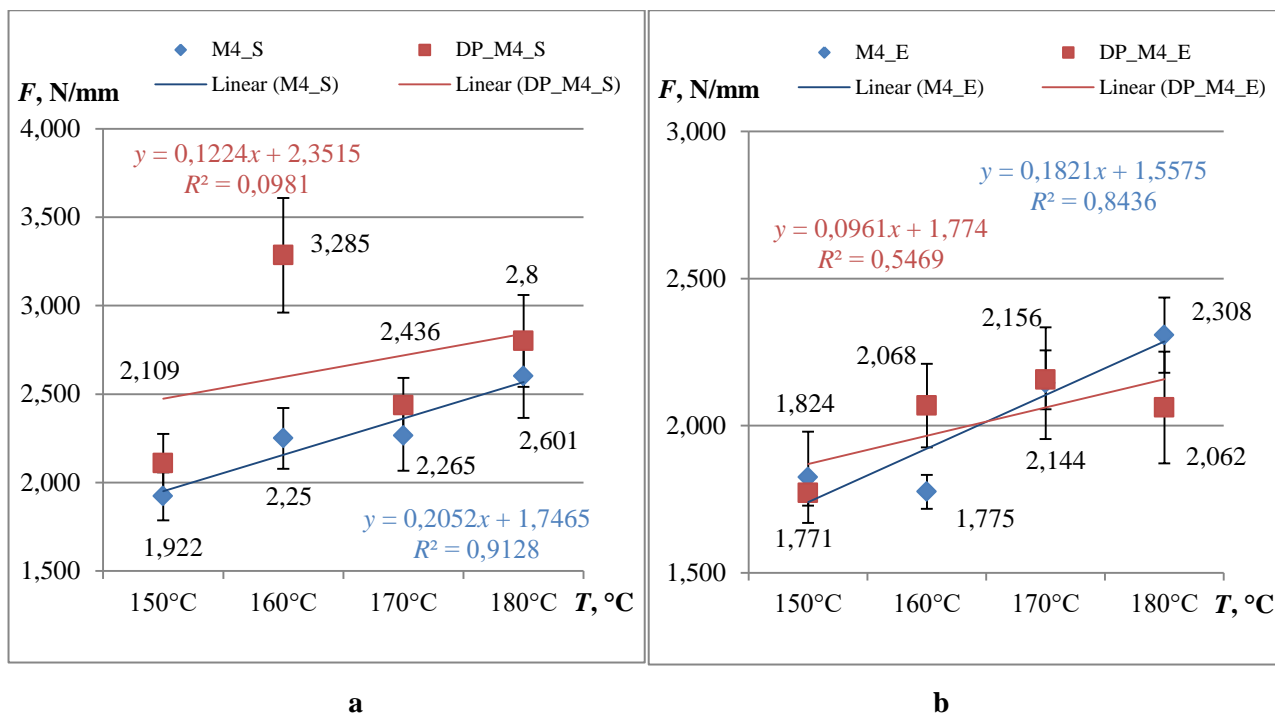
3.5 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties megztinės medžiagos M3 (M3 – nemarginti bandiniai, DP M3 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui F

Analizuojant margintos megztinės medžiagos M3 gautus išsluoksniavimo stiprio rezultatus (3.5 pav.) matyti, kad marginimas stulpelių krypties bandinių klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio verčių kitimo tendencijos nepakeitė, didinant presavimo temperatūrą išsluoksniavimo stipris mažėja, kaip ir nemargintų bandinių, tuo tarpu, labai pakeitė eilučių krypties, ji tapo mažėjanti, o nedažytų bandinių ji buvo didėjanti.

Stulpelių krypties margintų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertės (3.5 pav., a) visais presavimo temperatūrų atvejais yra mažesnės nei nemargintų. Didžiausias išsluoksniavimo stipris ($3,29 \pm 0,325$ N/mm) gautas taikant 150 °C, o mažiausias ($2,657 \pm 0,089$ N/mm) gautas taikant 170 °C presavimo temperatūrą, šiuo atveju nemargintų bandinių išsluoksniavimo stipris yra didžiausias ($3,714 \pm 0,286$ N/mm). Margintų bandinių išsluoksniavimo atveju determinacijos koeficientas R^2 (0,5265) didesnis 8,42 karto nei nedažytų, tačiau stipraus tiesinio ryšio tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros nenustatyta.

Eilučių krypties margintos medžiagos klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertės (3.5 pav., b) kinta nuo 2,397 N/mm iki 4,249 N/mm, didžiausias išsluoksniavimo stipris gautas taikant 150 °C presavimo temperatūrą, o nemargintų bandinių – nuo 3,305 N/mm iki 3,969 N/mm. Didžiausios stiprio vertės fiksuojamos taikant 170 °C temperatūrą. Mažiausia margintų klijuotinių

junginių išluksniavimo stiprio vertė ($2,397 \pm 0,192$ N/mm) yra taikant 180 °C presavimo temperatūrą. Margintų bandinių atveju nustatyta stipri tiesinė priklausomybė tarp išluksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros, determinacijos koeficientas R^2 yra $0,854$, o nemargintų – ne. Determinacijos koeficientas R^2 yra $0,4615$.



3.6 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties mežtinės medžiagos M4 (M4 – nemarginti bandiniai, DP M4 – marginti bandiniai) marginimo įtaka klijuotinių junginių išluksniavimo stipriui F













Margintos mežtinės medžiagos M4 klijuotinių junginių stulpelių kryptimi išluksniavimo stiprio vertės (3.6 pav., a) visais presavimo temperatūros atvejais yra didesnės už nemargintų bandinių, o didžiausias išluksniavimo stipris ($3,285 \pm 0,324$ N/mm) fiksuojamas taikant 160 °C presavimo temperatūrą ir yra $20,82$ % didesnis už nemargintų bandinių didžiausią išluksniavimo stiprio vertę, kuri gauta taikant 180 °C presavimo temperatūrą. Mažiausias išluksniavimo stipris abiem atvejais gautas taikant 150 °C presavimo temperatūrą. Determinacijos koeficientas R^2 , margintos medžiagos bandinių atveju, yra $0,0981$, tiesinio ryšio tarp presavimo temperatūros ir išluksniavimo stiprio nenustatyta, skirtingai nei nemargintos medžiagos bandinių atveju, kai tiesinis ryšys nustatytas labai stiprus, determinacijos koeficientas R^2 yra $0,9128$.

Iš gautų rezultatų matyti, kad eilučių krypties junginių išluksniavimo stiprio vertės (3.6 pav., b) medžiagos marginimas paveikė neigiamai. Išluksniavimo stipris kinta nuo $1,771$ N/mm iki $2,156$ N/mm, o nemargintos medžiagos bandinių – nuo $1,775$ N/mm iki $2,308$ N/mm, nors galima pastebėti, kad taikant 150 °C ir 170 °C presavimo temperatūras išluksniavimo stiprio vertės beveik lygios, tačiau margintos medžiagos klijuotinių junginių didžiausia išluksniavimo stiprio vertė $6,48$ % mažesnė nei nemargintos ir gauta taikant 170 °C, o nemargintos 180 °C presavimo temperatūrą.













Determinacijos koeficientas R^2 , margintos medžiagos bandinių išluksniavimo atveju, yra 0,5469, 35,17 % mažesnis nei nemargintų bandinių. Nustatyta silpna tiesinė priklausomybė tarp išluksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros.

Išluksniavimo pobūdžiui nustatyti 3.2. lentelėje pateikiamos margintų stulpelių ir eilučių kryptių megztinių medžiagų išluksniuotų klijuotinių junginių vaizdai.

3.2. lentelė. Išluksniuotų stulpelių ir eilučių kryptių margintų (DP) megztinių medžiagų M1, M2, M3, M4 klijuotinių junginių vaizdai

Medžiaga ir kryptis	Presavimo temperatūra T , °C			
	150°C	160°C	170°C	180°C
DP M1 Stulpelių kryptimi				
DP M1 Eilučių kryptimi				
DP M2 Stulpelių kryptimi				

3.2. lentelės tęsinys

DP M2 Eilučių kryptimi				
DP M3 Stulpelių kryptimi				
DP M3 Eilučių kryptimi				

3.2. lentelės tęsinys



Margintos megztinės medžiagos M1 klijuotinių junginių išsluoksniavimo pobūdis (3.2. lentelė) visiškai kitoks lyginant su nemargintos medžiagos (3.1. lentelė). Pagal margintos medžiagos klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatus matyti, kad taikant 150 °C presavimo temperatūrą visi adhezinės juostelės klijai išsluoksniuojant liko ant vienos bandinio dalies gerosios pusės, šiuo atveju išsluoksniavimo stipris mažiausias, o nemargintos medžiagos junginio klijų tarp sluoksnis suplyšinėjo, tačiau išsluoksniavimo stipris didžiausias (3.3 pav., a). Presavimo temperatūrai didėjant klijai skystėja ir vis giliau skverbiasi į bandinių išvirkščiąją pusę, o taikant maksimalią 180 °C presavimo temperatūrą adhezinės juostelės klijų masė beveik tolygiai pasiskirsto ir tik labai siaura juostelė plyšta išilgai bandinio. Matant labai aiškų išsluoksniavimo pobūdžio teigiamą pokytį didinant presavimo temperatūrą ir stiprią matematinę priklausomybę tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros, galima daryti prielaidą, kad margintos medžiagos M1 stulpelių krypties klijuotiniams junginiams formuoti taikant padidintą presavimo temperatūrą iki 190 °C arba pailginus presavimo trukmę iki 20 s būtų gautos didesnės išsluoksniavimo stiprio vertės, kurios pasiektų nemargintos medžiagos bandinių didžiausią išsluoksniavimo stiprį.

Eilučių krypties margintos medžiagos M1 junginių išsluoksniavimo stipris priklausomai nuo presavimo temperatūros smarkiai kinta, adhezinės juostelės klijų masė lieka tai ant gerosios, tai ant

išvirškšiosios bandinio medžiagos pusės ir pakankamai giliai neįsiskverbia į medžiagą. Taikant 160 °C laipsnių presavimo temperatūrą, klijų sluoksnis plyšta skersai bandinio. Galima spėti, kad būtent dėl adhezinės juostelės klijų skersinio plyšimo gauta didžiausia išsluoksniavimo stiprio vertė, kadangi nemargintos medžiagos klijuotinių junginių didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės taip pat gautos, kuomet klijų sluoksnis išsluoksniuojant plyšo. Skirtingos išsluoksniavimo savybės paaiškina išsluoksniavimo stiprio verčių netolygumą, jos nėra paklaidų ribose (3.3 pav., b).

Analizuojant medžiagos M2 stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo pobūdį matyti, kad abiem, margintos (3.2. lentelė) ir nemargintos (3.1. lentelė) medžiagos atvejais presavimo temperatūrą didinant nuo 150 °C iki 160 °C vizualiai jis atrodo toks pat, adhezinės juostelės klijų masė išsluoksniuojant bandinius lieka ant išvirškšiosios medžiagos pusės. Taikant 170 °C presavimo temperatūrą, abiem atvejais, klijų masė tolygiai nepasiskirsto ir plyšta išilgai bandinio. Kadangi išsluoksniavimo savybės vizualiai tokios pat, tiesinė priklausomybė stipri, o skiriasi tik išsluoksniavimo stiprio vertės (3.4 pav., a), tai leidžia suprasti, kad marginimas įtakojo mažiau gilų adhezinės klijų juostelės įsiskverbimą į medžiagą ir dėl to, šiuo atveju, išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės.

M2 medžiagos eilučių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo pobūdis, kaip ir stulpelių krypties, ir margintos (3.2. lentelė), ir nemargintos medžiagos (3.1. lentelė) atvejais, didinant presavimo temperatūrą nuo 150 °C iki 170 °C atrodo vienodai. Beveik visa klijų masės dalis išsluoksniuojant bandinius lieka ant išvirškšiosios medžiagos pusės, išsluoksniavimo stiprio vertės taip pat labai panašios (3.4 pav., b), tačiau taikant 180 °C laipsnių presavimo temperatūrą margintos medžiagos bandiniuose, klijai pasiskirstė tolygiai ant gerosios ir blogosios medžiagos pusių, į medžiagą įsiskverbė pakankamai giliai, kad sudarytų tinkamą adhezinį tarp sluoksnį, o nemargintos suplyšinėjo gabalais ir liko tai ant gerosios, tai ant blogosios pusių. Šiuo atveju, kai taikoma aukščiausia 180 °C presavimo temperatūra, galime daryti prielaidą, kad tarp dažų ir adhezinės juostelės klijų susidaro geresnis cheminis ryšys nei tarp klijų ir medžiagos pluoštų. Tai paaiškina, kodėl margintų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertė 1,45 karto didesnė.

Išsluoksniavimo pobūdis, analizuojant M3 margintos medžiagos stulpelių krypties rezultatus, rodo (3.2. lentelė), kad medžiagos dažymas neigiamai paveikė išsluoksniavimo savybes. Adhezinės juostelės klijų masė, visų presavimo temperatūrų atvejais, įsiskverbė tik į išvirškšiąją bandinio medžiagos pusę. Nemargintos medžiagos bandiniuose (3.1. lentelė) adhezyvas, priklausomai nuo presavimo temperatūros, suplyšinėjo ir liko tai ant gerosios, tai ant blogosios medžiagos pusės arba tolygiau pasiskirstė.

Eilučių krypties M3 medžiagos bandinių išsluoksniavimo pobūdžiui marginimas įtakos neturėjo tik taikant 150 °C presavimo temperatūrą (3.2. lentelė). Galima pastebėti, kad adhezinės juostelės klijų masė, šiuo atveju, sudarė stiprų klijų tarp sluoksnį.

Analizuojant megztinės medžiagos M4 stulpelių krypties junginių išsluoksniavimo pobūdį matyti (3.2 lentelė), kad marginimas jį paveikė teigiamai. Lyginant su nemargintų bandinių išsluoksniavimo savybėm (3.1. lentelė) galima pastebėti, jog adhezyvo tolygesnis ir gilesnis įsiskverbimas į medžiagą yra margintų bandinių, nors didinant presavimo temperatūrą nuo 160 °C iki 170 °C klijų juostelės ir plyšo išilgai bandinių. Tai patvirtina ir visų presavimo temperatūrų atvejais gautos didesnės išsluoksniavimo stiprio vertės (3.6 pav., a).

Žvelgiant į eilučių krypties megztinės medžiagos M4 junginių išsluoksniavimo pobūdį (3.2. lentelė) galima pastebėti, kad marginimas, kaip ir stulpelių krypties M4 bandiniams įtakos beveik neturi. Adhezyvas skverbiasi į gerąją ir blogąją medžiagos pusę beveik tolygiai ir vienodai giliai, klijų tarpsluoksnis neišnyksta.

Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, kad marginimas daro įtaką išsluoksniavimo stiprio vertėms. Didžiausi verčių pokyčiai užfiksuoti stulpelių krypties megztnių medžiagų M1 (3.2.1 pav., a), M2 (3.4 pav., a) ir M3 (3.5 pav., a) klijuotinių junginių išsluoksniavimo bandymuose, kai visais presavimo temperatūrų atvejais išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės už nemargintų bandinių, o M4 (3.6 pav., a), atvirkščiai – didesnės. Tiesinė priklausomybė tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros sustiprėjo M1, M2 ir M4 margintų medžiagų, determinacijos koeficientai R^2 atitinkamai yra 0,8643, 0,9989 ir 0,9128. Bendra išsluoksniavimo stiprio verčių tendencija visiškai pasikeitė tik M1 atveju, tapo teigiama. Didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės M1 (2,713 N/mm) ir M2 (2,447 N/mm) bandinių gautos taikant 180 °C, M3 (3,29 N/mm) 150 °C, M4 (3,285 N/mm) 160 °C presavimo temperatūrą.

Eilučių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui marginimas neigiamos įtakos neturi. Medžiagų M1, M2 ir M3 atvejais didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės netgi didesnės nei nemargintų medžiagų. M1 3,732 N/mm išsluoksniavimo stipris nustatytas taikant 160 °C, M2 3,712 N/mm – taikant 180 °C, o M3 4,249 N/mm – taikant 150 °C presavimo temperatūrą. M1 ir M3 išsluoksniavimo stiprio vertės didinant presavimo temperatūrą mažėja. Stipri tiesinė priklausomybė tarp presavimo temperatūros ir išsluoksniavimo stiprio nustatyta tik M3, determinacijos koeficientas R^2 yra 0,854.

IŠVADOS

1. Megztinių medžiagų kryptis klijuotiniuose junginiuose daro reikšmingą įtaką jų išsluoksniavimo stipriui. Esant 150 °C ir 160 °C presavimo temperatūroms, stulpelių krypties megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didesnis už eilučių krypties. Išsluoksniavimo pobudis taip pat rodo, kad stulpelių krypties klijuotiniuose junginiuose adhezinės juostelės klėjai pasiskirsto tolygiau. Stulpelių krypties metmeninio pynimo ir tankiausios nemargintos megztinės medžiagos M4 išsluoksniavimo stiprio vertės visais presavimo temperatūrų atvejais yra mažiausios, eilučių krypties – tik taikant 150 °C ir 160 °C presavimo temperatūras yra didesnės už megztinės medžiagos M2.
2. Presavimo temperatūra turi įtakos megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, kuris linkęs didėti, didėjant presavimo temperatūrai. Adhezinės juostelės klijų masė presavimo temperatūrai didėjant linkusi tolygiai pasiskirstyti ant klijuotinių junginių medžiagos išvirkščiosios ir gerosios pusių.
3. Marginimas turi įtakos megztinių medžiagų stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui. Medžiagų M1, M2 ir M3 visais presavimo temperatūrų atvejais išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažesnės, o M4 atvirkščiai, didesnės. Eilučių krypties M1, M2, M3 klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui marginimas daro teigiamą įtaką, išsluoksniavimo stiprio vertės didesnės, medžiagos M4 išsluoksniavimo stiprio vertės beveik nekito. Marginimas daro įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo pobūdžiui, adhezinės juostelės klijų masė išsluoksniuojant linkusi pasilikti ant išvirkščiosios medžiagos pusės.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. JANA, P., Assembling technologies for functional garments - An overview. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* Vol. 36, December 2011, pp.380-387.
2. GIERENZ, G., KARMANN, W. *Adhesives and Adhesive Tapes*. Wiley VCH, Verlag GmbH, 2001: 113 p.
3. SERAN N. and NANADASIRI T. A Comparison between Bonding and Sewing: Application in Sports Performance Wear. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)* Volume 3, Issue 8 January 2015.
4. CRETON C. and PAPON E. Materials science of adhesives: how to bond things together. *MRS Bulletin*. Volume 28, Issue 6. June 2003 m.
5. JAKUBČIONIENĖ, Ž., and MASTEIKAITĖ, V. Investigation of Textile Bonded Seams. *Materials science (Medžiagotyra)*. Vol. 16, No. 1. .2010 m. ISSN 1392–1320.
6. POCIUS, A. V. *Adhesion and Adhesives Technology*. Hanser, 2002: 319 p.
7. BEAUDETTE, E. and PARK, H. Impact of seam types on thermal properties of athletic bodywear. *Textile Research Journal*. 2016, 0(00), 1–8. DOI: 10.1177/0040517516648506.
8. Ž. JAKUBČIONIENĖ, V. MASTEIKAITĖ, T. KLEVECKAS, M. JAKUBČIONIS and U. KELESOVA. Investigation of the Strength of Textile Bonded Seams. *Materials science (Medžiagotyra)*. Vol. 18, No. 2. 2012. ISSN 1392-1320.
9. BUSILIENĖ G., STRAZDIENĖ E., URBELIS V. and KRAULEDAS S. The Effect of Bonded Seams upon Spatial Behaviour of Knitted Materials Systems. *Materials science (Medžiagotyra)*. Vol. 21, No. 2. 2015. ISSN 1392-1320.
10. BUSILIENĖ G., STRAZDIENĖ E., URBELIS V. ir KRAULEDAS S. The Investigation of Knitted Materials Bonded Seams Behaviour upon Cyclical Fatigue Loading. *Materials science (Medžiagotyra)*. Vol. 23, No. 2. 2017. ISSN 1392-1320.
11. MIKALAUSKAITĖ G. DAUKANTIENĖ V. Influence of the delamination loading velocity on textile bonds and sewn seams strength. *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 29 Issue: 6, pp.768-775. 2017
12. MIKALAUSKAITĖ G. DAUKANTIENĖ V. Influence of technological parameters on the adhesion strength of adhesive bonded textile seams. *World Textile Conference AUTEX 2016*.
13. BHAT, G.S., JANGALA, P.K., 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* 92 (6) 2004: pp. 3593 – 3600.
14. GORCHAKOVA, V. M., BATALENKOVA, V. A., IZMAILOV, B. A. Autoadhesive Bonding of Modified Polyester Fibres *Fibre Chemistry* 35 (1) 2003: pp. 39 – 40.

15. KOLPACHIEVSKAYA, N. V., GORCHAKOVA, V. M., IZMAILOV, B. A., BATALENKOVA, V. A. Development of Technology for High-strength Nonwoven Materials *Fibre Chemistry* 38 (2) 2006: pp. 111 – 114.
16. YANG, C., GAO, P., 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 Material Science* 44 (2) 2008: pp. 469 – 476.
17. SEN, A. K. *Coated Textile – Principles and Applications*, CRS Press, Taylor and Francis Group, 2001: 225 p.
18. DARWISHA, N. A., EL-WAKILA, A. A., 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* 29 (7) 2009: pp. 745 – 749.
19. COMYN, J. Surface Treatment And Analysis For Adhesive Bonding *International Journal of Adhesion and Adhesives* 10 (3) 1990: pp. 161 – 165.
20. PACKHAM, D. E. *Handbook of Adhesion*. Second edition. Willey & Sons Ltd, 2005: 638 p.
21. BEMIS, *Adhesive Films, Coatings, Specialty Films and Seam Tape* [žiūrėta 2018 m. gegužės 2 d.] Prieiga per internetą: <https://www.bemisworldwide.com>
22. COGNARD, P. *Adhesives and Sealants. General Knowledge, Application Techniques, New Curing Techniques*. Volume 2. 2006: pp. 2, 41 – 42.
23. ADHESIVES: *Adhesive bonding*. [žiūrėta 2018 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.adhesives.org/resources/knowledge-center/aggregate-single/adhesive-bonding-helps-major-fashion-brands-improve-clothing-manufacture-and-design>
24. NORDSTROM: *Product*. [žiūrėta 2018 m. Gegužės 6 d.] Prieiga per internetą: <https://shop.nordstrom.com/s/sprint-legging/4083839>
25. ATHLETA.GAP: *Product*. [žiūrėta 2018 m. Gegužės 6 d.] Prieiga per internetą: <https://athleta.gap.com/browse/product.do?cid=46915&vid=1&pid=740312102#>
26. PINTEREST: *Zip facing*. [žiūrėta 2018 m. Gegužės 6 d.] Prieiga per internetą: <https://www.pinterest.com/pin/541628292665979455/>
27. FISHWEST: *Product*. [žiūrėta 2018 m. Gegužės 6 d.] Prieiga per internetą: <https://www.fishwest.com/p/orvis-silver-sonic-convertible-top-waders-womens>
28. OSLOSPORTSLAGER: *Product*. [žiūrėta 2018 m. Gegužės 6 d.] Prieiga per internetą: <https://www.osloportslager.no/produkt/bjorn-dahlie-racesuit-nations-hel-konkurransedress-herre-45835.aspx>
29. LST EN ISO 139: 2006. *Tekstilė. Standartinė kondicionavimo ir bandymo aplinka*. Lietuvos standartizacijos departamentas 2006.

30. LST EN 1049-2: 1998. *Tekstilės medžiagos. Audiniai. Sandara. Bandymo būdas. 2 dalis. Siūlų skaičiaus vienetiniame ilgyje nustatymas.* Lietuvos standartizacijos departamentas 1998.

PRIEDAI

1 Priedas. Matavimų duomenų ir statistinė analizė

1P lentelė. Presavimo temperatūrų, medžiagos krypties ir apdailos įtakos megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui tyrimo rezultatai ir jų analizė.

Nemarginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi					
Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
150°C	1	3,235	2,165	3,28	1,875
	2	2,953	2,168	3,24	1,856
	3	3,2	2,058	3,22	1,883
	4	2,909	1,935	3,7	1,88
	5			3,365	2,118
	Aritmetinis vidurkis	3,07425	2,082	3,361	1,922
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,167	0,11	0,197	0,11
	Dispersija	0,028	0,012	0,039	0,012
	Variacijos koeficientas %	5,432	5,297	5,876	5,714
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,266	0,175	0,245	0,136
	Santykinė atsitiktinė paklaida	8,642	8,427	7,295	7,094
	Pasikliautojo intervalo pradžia	2,809	1,906	3,116	1,786
	Pasikliautojo intervalo pabaiga	3,34	2,257	3,606	2,059
Nemarginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi					
Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
160°C	1	2,823	2,248	3,17	2,055
	2	2,678	2,285	3,255	2,44
	3	2,894	2,468	3,165	2,24
	4	2,418	2,653	3,6	2,295
	5	2,856	2,268		2,22
	Aritmetinis vidurkis	2,734	2,3844	3,298	2,25
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,195	0,174	0,206	0,139
	Dispersija	0,038	0,03	0,042	0,019
	Variacijos koeficientas %	7,116	7,299	6,243	6,172
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,242	0,216	0,328	0,172

1P lentlės tęsinys

Santykinė atsitiktinė paklaida	8,835	9,062	9,932	7,663
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,492	2,168	2,97	2,078
Pasikliautojo intervalo pabaiga	2,975	2,6	3,625	2,422

Nemarginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi					
Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
170°C	1	2,625	2,713	3,5	2,293
	2	3,059	2,797	3,935	2,21
	3	2,688	2,928	3,745	2,478
	4	2,88	2,368	3,675	2,04
	5	2,756	2,775		2,303
	Aritmetinis vidurkis	2,802	2,716	3,714	2,265
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,172	0,21	0,18	0,159
	Dispersija	0,03	0,044	0,032	0,025
	Variacijos koeficientas %	6,145	7,725	4,845	7,025
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,214	0,26	0,286	0,198
	Santykinė atsitiktinė paklaida	7,629	9,59	7,708	8,721
	Pasikliautojo intervalo pradžia	2,588	2,456	3,427	2,067
	Pasikliautojo intervalo pabaiga	3,015	2,977	4	2,462

Nemarginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi					
Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
180°C	1	2,653	2,458	2,772	2,863
	2	2,844	2,721	2,803	2,4
	3	3,15	2,697	3,19	2,547
	4	2,775	2,709	3,245	2,472
	5	2,653	2,938	3,21	2,725
	Aritmetinis vidurkis	2,815	2,705	3,044	2,601
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,204	0,17	0,235	0,19
	Dispersija	0,042	0,029	0,055	0,036
	Variacijos koeficientas %	7,262	6,286	7,728	7,293
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,254	0,211	0,292	0,236

1P lentlės tęsinys

Santykinė atsitiktinė paklaida	9,015	7,804	9,594	9,054
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,561	2,494	2,752	2,366
Pasikliautojo intervalo pabaiga	3,069	2,916	3,336	2,837

Nemarginti bandiniai kirpti eilučių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
150°C	1	2,44	1,665	3,49	1,969
	2	2,093	1,605	3,285	1,93
	3	2,25	1,755	3,34	1,665
	4	2,022	1,629	3,42	1,766
	5	2,305	1,463	3,155	1,789
	Aritmetinis vidurkis	2,222	1,623	3,338	1,824
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,167	0,106	0,129	0,125
	Dispersija	0,028	0,011	0,017	0,016
	Variacijos koeficientas %	7,525	6,544	3,852	6,834
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,208	0,132	0,16	0,155
	Santykinė atsitiktinė paklaida	9,342	8,124	4,782	8,484
	Pasikliautojo intervalo pradžia	2,014	1,492	3,178	1,669
	Pasikliautojo intervalo pabaiga	2,43	1,755	3,498	1,979

Nemarginti bandiniai kirpti eilučių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
160°C	1	2,18	1,611	3,019	1,751
	2	2,875	1,895	3,63	1,836
	3	2,095	1,83	3,1	1,733
	4	2,33	1,746	3,53	1,74
	5	2,118	1,831	3,245	1,813
	Aritmetinis vidurkis	2,181	1,783	3,305	1,775
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,106	0,11	0,266	0,047
	Dispersija	0,011	0,012	0,071	0,002
	Variacijos koeficientas %	4,851	6,146	8,058	2,632
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,168	0,136	0,331	0,058

1P lentlės tęsinys

Santykinė atsitiktinė paklaida	7,717	7,63	10	3,268
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,012	1,647	2,974	1,717
Pasikliautojo intervalo pabaiga	2,349	1,919	3,635	1,833

Nemarginti bandiniai kirpti eilučių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
170°C	1	3,022	1,955	4,155	2,41
	2	3,26	2,063	3,855	2,083
	3	2,806	2,035	3,925	2,095
	4	3,15	1,845	3,595	2,115
	5	3,054		4,315	2,018
	Aritmetinis vidurkis	3,058	1,975	3,969	2,144
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,169	0,098	0,278	0,153
	Dispersija	0,029	0,01	0,077	0,023
	Variacijos koeficientas %	5,522	4,949	7,004	7,134
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,21	0,155	0,345	0,19
	Santykinė atsitiktinė paklaida	6,855	7,873	8,695	8,857
	Pasikliautojo intervalo pradžia	2,849	1,819	3,624	1,954
	Pasikliautojo intervalo pabaiga	3,268	2,13	4,314	2,334

Nemarginti bandiniai kirpti eilučių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
180°C	1	2,66	2,463	3,565	2,4
	2	3,088	2,672	3,785	2,34
	3	3,041	2,545	3,85	2,213
	4	2,963	2,759	3,455	2,28
	5	2,622	2,344		
	Aritmetinis vidurkis	2,875	2,557	3,664	2,308
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,218	0,165	0,185	0,08
	Dispersija	0,048	0,027	0,034	0,006
	Variacijos koeficientas %	7,599	6,438	5,051	3,475
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,271	0,204	0,294	0,128

1P lentlės tęsinys

Santykinė atsitiktinė paklaida	9,434	7,993	8,035	5,528
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,604	2,352	3,369	2,181
Pasikliautojo intervalo pabaiga	3,146	2,761	3,958	2,436

Marginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
150°C	1	1,53	1,855	3,39	2,235
	2	1,536	1,819	3,11	2,003
	3	1,342	1,774	3,555	2,075
	4	1,533	1,639	3,465	2,263
	5	1,648	1,558	2,928	1,968
	Aritmetinis vidurkis	1,518	1,729	3,29	2,109
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,11	0,126	0,262	0,134
	Dispersija	0,012	0,016	0,069	0,018
	Variacijos koeficientas %	7,26	7,278	7,96	6,356
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,137	0,156	0,325	0,166
	Santykinė atsitiktinė paklaida	9,013	9,036	9,883	7,891
	Pasikliautojo intervalo pradžia	1,381	1,573	2,965	1,942
	Pasikliautojo intervalo pabaiga	1,655	1,885	3,615	2,275

Marginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
160°C	1	2,14	1,826	2,841	3,109
	2	2,255	2,045	2,98	3,168
	3	2,455	1,975	3,255	3,303
	4	2,48	1,968	2,853	3,115
	5	2,278	1,968	3,097	3,73
	Aritmetinis vidurkis	2,322	1,956	3,005	3,285
	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	0,143	0,08	0,174	0,261
	Dispersija	0,021	0,006	0,03	0,068
	Variacijos koeficientas %	6,175	4,079	5,802	7,937
	Absoliutinė atsitiktinė paklaida	0,178	0,099	0,216	0,324

1P lentlės tęsinys

Santykinė atsitiktinė paklaida	7,666	5,064	7,202	9,053
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,144	1,857	2,789	2,961
Pasikliautojo intervalo pabaiga	2,5	2,055	3,222	3,609

Marginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
170°C	1	2,383	2,15	2,725	2,24
	2	2,581	2,175	2,669	2,528
	3	2,828	2,143	2,7	2,525
	4	2,358	2,2	2,65	2,38
	5	2,513	2,265	2,54	2,509
Aritmetinis vidurkis		2,533	2,187	2,657	2,436
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,189	0,049	0,071	0,126
Dispersija		0,036	0,002	0,005	0,016
Variacijos koeficientas %		7,462	2,252	2,685	5,162
Absoliutinė atsitiktinė paklaida		0,235	0,061	0,089	0,156
Santykinė atsitiktinė paklaida		9,264	2,796	3,333	6,408
Pasikliautojo intervalo pradžia		2,298	2,125	2,568	2,28
Pasikliautojo intervalo pabaiga		2,767	2,248	2,745	2,593

Marginti bandiniai kirpti stulpelių kryptimi

Temperatūra	Bandinio Nr.	Išsluoksniavimo stipris F , N/mm			
		M1	M2	M3	M4
180°C	1	2,641	2,205	2,985	2,856
	2	2,847	2,559	2,794	2,82
	3	2,855	2,47	2,978	3,025
	4	2,609	2,631	2,91	2,845
	5	2,613	2,368	4,01	2,455
Aritmetinis vidurkis		2,713	2,447	2,917	2,8
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,127	0,167	0,089	0,209
Dispersija		0,016	0,028	0,008	0,044
Variacijos koeficientas %		4,667	6,831	3,036	7,474
Absoliutinė atsitiktinė paklaida		0,157	0,207	0,141	0,26

Santykinė atsitiktinė paklaida	5,794	8,481	4,83	9,279
Pasikliautojo intervalo pradžia	2,556	2,239	2,776	2,54
Pasikliautojo intervalo pabaiga	2,87	2,654	3,058	3,06

2 Priedas. Konferencijos „Pramonės inžinerija 2018“ standinis pranešimas

PRESAVIMO TEMPERATŪROS ĮTAKA MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ KLIJUOTINIŲ JUNGINIŲ IŠSLUOKSNAVIMO STIPRIUI



1. Įvadas

Megztinės medžiagos sudaro kilpinės sistemos, kurios pasižymi didesnio dykumo ir įsivėsusne už audinių struktūra. Jungiant megztinių medžiagų detales termoplastinių poliuretano plėvelių pagalba, veikiamas aukšta temperatūra ir slėgiu nustatyta įtaka išsilydęs adhezyvės įsikiverbiaj megztinės medžiagos struktūrą ir vėliau atvėsinas suformuoja stiprų klijotinių sujungimą. Nustatyta, kad vienas iš svarbiausių technologinių parametru, darančių įtaką aprangos klijotinių junginių išsluoksnavimo stipriui, yra presavimo temperatūra. Šio tyrimo tikslas – įvertinti presavimo temperatūros įtaką megztinių medžiagų klijotinių junginių išsluoksnavimo stipriui.

2. Tyrimo objektai

Megztinių medžiagų charakteristikos

Kodas	Storis, mm	Plaukiojimo sudėtis, %	Paviršinio tankis, g/m ²	Tankumas, cm ³		Plytinimas
				S	E	
M1	0,82x0,01	82 % PES, 18 % EL	190	42	30	Lygusis skvarnis
M2	0,82x0,02	80 % PES, 20 % EL	240	38	35	Lygusis skvarnis
M3	0,93x0,05	81 % PES, 19 % EL	200	42	30	Lygusis skvarnis
M4	0,40x0,01	80 % PES, 20 % EL	180	51	45	Mikromeris

Pažymai: PES – poliesteris, EL – elastanas, S – stipulė kryptis, E – skiaučų kryptis.

3. Tyrimo metodika

Bandiniai – 80 mm ilgio ir 20 mm pločio megztinių medžiagų juostelės. **Siūlės tipas** – užkeistinė. **Adhezinė juostelės charakteristikos (Easy tape 301)**: 100 % PU; 210 g/m² paviršinis tankis; 8 mm pločio; storis – 175 μm. **Presavimo slėgis** – 200 kPa. **Presavimo temperatūra T** – nuo 150°C iki 180°C, keičiama kas 10°C. **Bandinių išsluoksnavimo greitis** – 50 mm/min. **Klijotinių junginių sudarymui naudojama technologinė įranga**:



1 pav. Elektropneumatinis įrenginys Macpi 335.30, skirtas juostelės uždėjimui

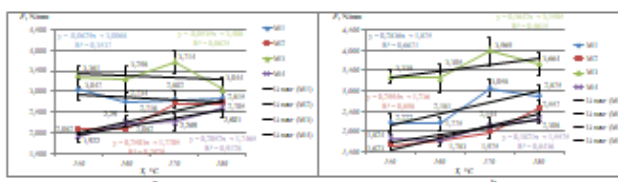


2 pav. Vakuuminio presavimo su vėsinimu įrenginys Macpi 514.37

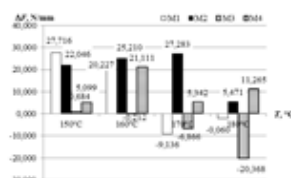


3 pav. Kompiuterizuota tempimo mašina Tinius Olsen H10 KT

4. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas



4 pav. Stipulių (a) ir skiaučų (b) krypties medžiagų klijotinių junginių išsluoksnavimo stiprio F priklausomybės nuo presavimo temperatūros T



5 pav. Medžiagų krypties įtaką klijotinių junginių išsluoksnavimo stipriui

Analizuojant 4 a pav. pateiktus rezultatus matyti, kad didėjant presavimo temperatūrai, stipulių krypties M2 ir M4 medžiagų klijotinių junginių išsluoksnavimo stipris didėja, didėjant presavimo temperatūrai. Šiuo atveju determinacijos koeficientas R^2 yra 0,7929 (M2) ir 0,9128 (M4), o M1 ir M3 – mažėja, bet nerodo stiprus tiesinio ryšio: R^2 yra 0,3751 (M1) ir 0,0625 (M3). M1 (2,802 N/mm) ir M3 (3,714 N/mm) junginių išsluoksnavimo stipro vertės yra didžiausios, esant 170°C presavimo temperatūrai, o ne -180°C.

Vertinant medžiagų krypties įtaką klijotinių junginių išsluoksnavimo stipriui, nustatytas reikšmingas santykinio skirtingų krypties junginių išsluoksnavimo stiprio skirtumas $\Delta F = (F_0 - F_1) / F_0 \cdot 100$, % (čia F_0 – stipulių krypties junginių išsluoksnavimo stipris; F_1 – skiaučų krypties junginių išsluoksnavimo stipris), kintantis nuo -9,136 % iki 27,716 % (5 pav.).

5. Išvados

1. Presavimo temperatūra turi įtakos megztinių medžiagų klijotinių junginių išsluoksnavimo stipriui, kuris linkęs didėti, didėjant presavimo temperatūrai.
2. Megztinių medžiagų krypties klijotiniuose junginiuose daro reikšmingą įtaką jų išsluoksnavimo stipriui. Esant 150°C ir 160°C presavimo temperatūroms, stipulių krypties megztinių medžiagų klijotinių junginių išsluoksnavimo stipris yra didesnis už skiaučų krypties.

E. Zmitrulevičius, V. Daukantienė

3 Priedas. Straipsnis „Presavimo temperatūros įtaka megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui“

KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas 2018 gegužės 10 d., Kaunas

Jaunųjų mokslininkų konferencija
„PRAMONĖS INŽINERIJA 2018“

PRESAVIMO TEMPERATŪROS ĮTAKA MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ KLIJUOTINIŲ JUNGINIŲ IŠSLUOKSNIAVIMO STIPRIUI

Edvinas Zmitrulevičius, Virginija Daukantienė

¹ *Kauno technologijos universitetas, Medžiagų inžinerijos katedra, Studentų g. 56, LT-51424 Kaunas, el. paštas: edvinas.zmitrulevicius@ktu.edu, virginija.daukantiene@ktu.lt*

Raktiniai žodžiai: megztinė medžiaga, klijuotinis sujungimas, presavimo temperatūra, išsluoksniavimo stipris.

1. Įvadas

Megztines medžiagas sudaro kilpinės sistemos [1], kurios pasižymi didesnio akytumo ir laisvesne už audinių struktūra [2]. Dėl šių struktūros ypatumų būdingų gerų deformacinių ir higieninių savybių [3] mezginiai, ypač pagaminti iš poliesterinių mikropluoštų su skirtingu elastano pluoštų kiekiu, plačiai naudojami laisvalaikio ir sporto aprangos gamybai, kurioje vis dažniau taikomos klijavimo technologijos. Jungiant megztinių medžiagų detales termoplastinių poliuretano plėvelių pagalba, veikiamas aukšta temperatūra ir slėgiu nustatyta laiką [4, 5] išsilydęs adhezyvas įsiskverbia į megztinės medžiagos struktūrą [6] ir vėliau atvėsintas suformuoja stiprų klijuotinį sujungimą [7]. Klijuotiniai junginiai yra stipresni už siūlinius junginius [4, 5]. Klijuotinių junginių stiprumas priklauso nuo adhezyvo rūšies [5, 8], jungiamų medžiagų struktūros, klijavimo technologinių parametrų [9, 10], išsluoksniavimo greičio [11] ar siūlės konstrukcijos [4, 9]. Priklausomai nuo medžiagos struktūros klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris atitinkamai gali kisti nuo 0,42 N/mm iki 4,76 N/mm [12].

Nustatyta, kad vienas iš svarbiausių technologinių parametrų, darančių įtaką aprangos klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, yra presavimo temperatūra [10]. Tačiau šio veiksnio įtaka nėra pakankamai plačiai tyrinėta, ypač megztinėms medžiagoms, kurių sudėtyje yra nemažas elastano pluošto kiekis. Parenkant presavimo temperatūrą turi būti išvengta megztines medžiagas sudarančių termoplastinių pluoštų destrukcijos, kuri gali susilpninti pačią medžiagą. Šio tyrimo tikslas – įvertinti presavimo temperatūros įtaką megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui.

2. Tyrimo objektai

Tyrimo objektais pasirinktos baltos spalvos megztinės medžiagos (1 lentelė), tinkamos laisvalaikio ir sporto aprangos gamybai. Iki bandymų tirtos megztinės medžiagos išlaikytos 24 valandas aplinkoje, kurios santykinis drėgnis buvo $65 \pm 2\%$, o temperatūra – $20 \pm 2^\circ\text{C}$ [13].

Megztinių medžiagų charakteristikos

Kodas	Storis, mm	Pluoštinė sudėtis, %	Paviršinis tankis, g/m ²	Tankumas, cm ⁻¹		Pynimas
				S	E	
M1	0,62±0,01	82 % PES, 18 % EL	190	42	30	Lygusis skersinis
M2	0,62±0,02	80 % PES, 20 % EL	240	38	35	Lygusis skersinis
M3	0,93±0,05	81 % PES, 19 % EL	200	42	30	Lygusis skersinis
M4	0,40±0,01	80 % PES, 20 % EL	180	51	48	Metmenininis

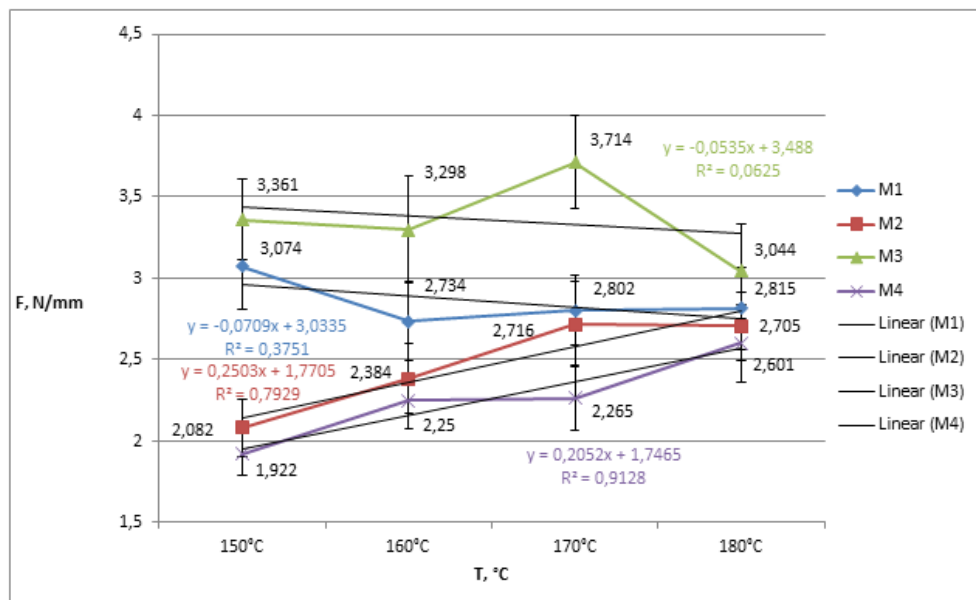
Pastaba: PES – poliesteris; EL – elastanas; S – stulpelių kryptis; E – eilučių kryptis.

3. Klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika

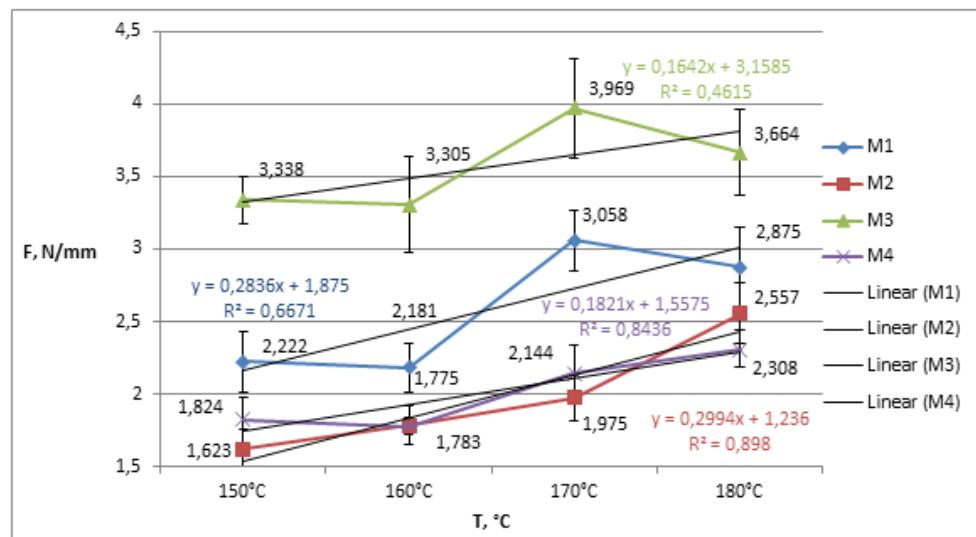
Tekstilės medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio tyrimui buvo paruošta po dešimt 80 mm ilgio ir 20 mm pločio medžiagų juostelių. Iš jų suformuotos užkeistinės siūlės, jungiančios vienos bandinio juostelės gerąją pusę su kitos bandinio juostelės blogąją pusę taip, kaip ir realiai gaminant aprangą. Naudota 100 % PU, 8 mm pločio ir 50 mm ilgio termoplastinė adhezinė plėvelė Easy tape 301, kurios storis 175 μm, o adhezyvo lydymosi temperatūra 90°C – 100°C. Juostelės uždėjimui ant megztinių medžiagų naudojamas elektropneumatinis įrenginys Macpi 335.30. Adhezinės juostelės įkaitinimui iki minkštėjimo temperatūros, į ją 270 kPa slėgiu pučiamas 280 °C temperatūros oras. Papildomai juostelę šildo 100 °C temperatūros metalinė plokštelė, kurios paviršiumi ji slysta. Medžiagos transportavimo greitis – 1,1 m/min. Jų sukimosi diferencialas – 130 %. Slėgis tarp megztinės medžiagos ir juostelės – 0 kPa. Klijuotinių junginių galutinis presavimas atliekamas su vakuuminio presavimo su vėsinimu įrenginiu Macpi 514.37, taikant 200 kPa slėgį. Presavimo temperatūra T buvo keičiama kas 10°C nuo 150°C iki 180°C. Medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris F (N/mm) nustatytas kompiuterizuota tempimo mašina Tinius Olsen H10 KT. Bandinių išsluoksniavimo greitis – 50 mm/min. Santykinė matavimo paklaida kito nuo 3,268 % iki 10 %.

4. Presavimo temperatūros įtakos megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Presavimo temperatūros įtakos megztinių medžiagų išsluoksniavimo klijuotinių junginių stipriui tyrimo rezultatai pateikti 1 paveiksle. Nustatyta, kad M3 megztinės medžiagos stulpelių ir eilučių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didžiausias palyginti su kitomis tirtomis medžiagomis ir kinta nuo 3,361 N/mm iki 3,714 N/mm stulpelių kryptimi (1 pav., a) bei nuo 3,338 N/mm iki 3,969 N/mm eilučių kryptimi (1 pav., b), priklausomai nuo presavimo temperatūros. Didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės nustatytos esant 170°C presavimo temperatūrai.



a



b

1 pav. Stulpelių (a) ir eilučių (b) krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio F priklausomybės nuo presavimo temperatūros T

M4 metmeninio mezgimo ploniausios bei tankiausios medžiagos stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra mažiausias palyginti su kitomis tirtomis medžiagomis ir kinta nuo 1,922 N/mm iki 2,601 N/mm (1 pav., a). Palyginti su didžiausio išsluoksniavimo stiprio M3 medžiagos klijuotiniais junginiais, M4 medžiagos stulpelių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra mažesnis nuo 0,66 iki 1,74 karto.

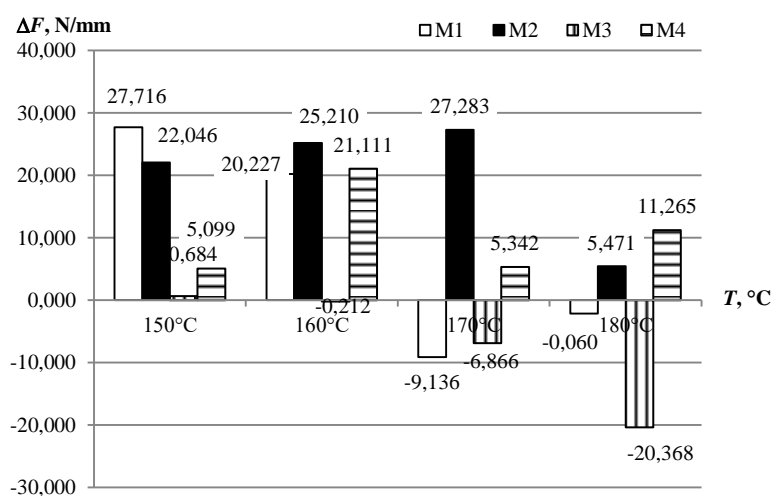
M2 ir M4 medžiagų eilučių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertės yra mažiausios palyginti su kitomis medžiagomis (1 pav., b). M2 medžiagos eilučių krypties klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris kinta nuo 1,623 N/mm iki 2,308 N/mm, M4 – nuo 1,824 N/mm iki 2,308 N/mm (1 pav., b), priklausomai nuo presavimo temperatūros.

Analizuojant 1 a paveiksle pateiktus rezultatus matyti, kad didėjant presavimo temperatūrai, stulpelių krypties M2 ir M4 medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris didėja, didėjant presavimo temperatūrai. Šiuo atveju determinacijos koeficientas R^2 yra 0,7929 (M2) ir 0,9128 (M4), o M1 ir M3 – mažėja, bet nerodo stipraus tiesinio ryšio: R^2 yra 0,3751 (M1) ir 0,0625 (M3). M1 (2,802 N/mm) ir M3 (3,714 N/mm) junginių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didžiausios, esant 170°C presavimo temperatūrai, o ne –180°C.

Eilučių krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris didėja (1 pav., b), didėjant presavimo temperatūrai. Determinacijos koeficientas R^2 kinta nuo 0,4615 iki 0,898. Stipresnė tiesinė priklausomybė tarp išsluoksniavimo stiprio ir presavimo temperatūros nustatyta M2 ($R^2 = 0,8980$) ir M4 ($R^2 = 0,8436$) medžiagoms. M2 (2,557 N/mm) ir M4 (2,308 N/mm) medžiagų didžiausios išsluoksniavimo stiprio vertės gaunamos, esant 180°C presavimo temperatūrai.

Vertinant medžiagos krypties įtaką klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, nustatytas reikšmingas santykinio skirtingų krypčių junginių išsluoksniavimo stiprio skirtumas $\Delta F = (F_S - F_E) / F_S \times 100$, % (čia F_S – stulpelių krypties junginių išsluoksniavimo stipris; F_E – eilučių krypties junginių išsluoksniavimo stipris), kintantis nuo -9,136 % iki 27,716 % (2 pav.).

M1 medžiagos jis didžiausias. Esant žemesnei presavimo temperatūrai, skirtumai tarp skirtingų medžiagų krypčių klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio yra didesni. Šiais atvejais stulpelių krypties medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didesnis.



2 pav. Medžiagų krypties įtaka klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui

Analizuojant išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatus (1 pav.), pastebėtos tirtų medžiagų grupavimo į dvi grupes galimybės. Didesnėmis klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertėmis pasižymėjo M1 ir M3 megztinių medžiagų stulpelių ir eilučių krypčių klijuotiniai junginiai. Nors tirtų keturių megztinių medžiagų pluoštinės sudėties (1 lentelė) skirtumai yra nedideli, tačiau M1 (82 % PES, 18 % EL) ir M3 (81 % PES, 19 % EL) megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stiprio vertės yra didesnės už panašaus išsluoksniavimo stiprio klijuotinių junginių, suformuotų iš M2 ir M4 megztinių medžiagų, kurių pluoštinė sudėtis yra vienoda (80 % PES, 20 % EL). M2 ir M4 medžiagose elastano pluošto yra daugiau nei M1 ir M3 medžiagose. Galima ir megztinių medžiagų tankumo įtaka išsluoksniavimo stiprio vertėms. M1 ir M3 medžiagų stulpelių (42 cm^{-1}) ir eilučių (30 cm^{-1}) tankumas vienodas. Tai galėtų paveikti vienodas klijų įsiskverbimo į medžiagos struktūrą sąlygas. M2 ir M4 medžiagų tankumas buvo skirtingas, bet didesnis už M1 ir M2 megztinių medžiagų. Galima daryti prielaidą, kad adhezivo įsiskverbimas į jungiamų megztinių medžiagų struktūrą buvo mažesnis.

5. Išvados

1. Presavimo temperatūra turi įtakos megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipriui, kuris linkęs didėti, didėjant presavimo temperatūrai.
2. Megztinių medžiagų kryptis klijuotiniuose junginiuose daro reikšmingą įtaką jų išsluoksniavimo stipriui. Esant 150°C ir 160°C presavimo temperatūroms, stulpelių krypties megztinių medžiagų klijuotinių junginių išsluoksniavimo stipris yra didesnis už eilučių krypties.

Literatūra

1. ISO 4921: 2001. Knitting. Basic concepts. Vocabulary.
2. **Bhattacharya S. S., Ajmeri, J. R.** Factors affecting air permeability of viscose & excel single jersey fabric // International Journal of Engineering Research and Development 7(5), 2013. Prieiga per internetą: <<http://www.ijerd.com>> [žiūrėta 2018-03-01].
3. Eryuruk, S. H., Kalaoglu, F. Analysis of the performance properties of knitted fabrics containing elastane // International Journal of Clothing Science and Technology 4(28). UK: Emerald, 2016. p. 463-479.
4. **Seram, N., Nandasiri, T. A.** Comparison between bonding and sewing: Application in sports performance wear // Journal of Academia and Industrial Research 8(3). Chennai: YERT, 2015. p. 343-345.
5. **Jana, P.** Assembling technologies for functional garments. An overview // Indian Journal of Fibre & Textile Research, 4(36). New Delhi: The Council of Scientific & Industrial Research, 2011. pp. 380-387.
6. **Jones, I., Stylios, G. K.** Joining textiles: principles and applications. Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – 594 p. ISBN 9781845696276.
7. **Boles, K.** Examination of alternative techniques compared to traditional sewing // McNair Scholars Research Journal 5, 2012. p. 1-17.
8. **Mikalauskaitė, G., Daukantiene, V.** Influence of adhesive polyurethane film type on bond strength // Proceedings of the International Conference „Chemistry and Chemical Technology”, 2017. p. 48.
9. **Jakubčionienė, Ž., Masteikaitė, V.** Investigation of textile bonded seams // Materials Science (Medžiagotyra) 1(16). – Kaunas: Technologija, 2010. p. 76-79.
10. **Mikalauskaitė, G.** Tekstilės medžiagų klijuotų sistemų išsluoksniavimo stiprio tyrimas ir vertinimas, Baigiamasis magistro projektas, KTU, 2016. 61 p.
11. **Mikalauskaitė, G., Daukantiene, V.** Influence of the delamination loading velocity on textile bonds and sewn seams strength // International Journal of Clothing Science and Technology 6(29). – UK: Emerald, 2017. p. 768-775.
12. **Jakubčionienė, Ž., et.al.** Investigation of the strength of textile bonded seams // Materials Science (Medžiagotyra), 2(18), 2012. p. 172-176.
13. LST EN ISO 139: 2006. Tekstilė. Standartinė kondicionavimo ir bandymo aplinka.

INFLUENCE OF THE BONDING TEMPERATURE ON THE DELAMINATION STRENGTH OF THE KNITTED FABRICS ADHESIVE BONDS

Edvinas Zmitrulevičius, Virginija Daukantiene

Summary

The knitted fabrics consist of the loop systems, which is characterized by more porosity and looser structure than woven fabrics. Due to these properties of the structure, characteristic of a well deformation and hygienic internals knits, in particular made of polyester microfiber with different amount of elastane fibres are widely used in manufacturing of sportswear and leisurewear, in which increasingly are applying bonding technologies. By the connecting parts of the knitted fabrics using thermoplastic PU films, exposed to high temperature and pressure on fixed time, the melted adhesive penetrates into the knitted fabric structure and later, when it chilled, is formed a strong bonded seam. Bonded seams are stronger than sewn seams. The strength of the bonded seams depends on the type of the adhesive, the structure of the fabric, the bonding technological parameters, the delamination speed or the seam structure. Depending on the structure of the fabric, the strength of the delamination can vary from 0,42 N/mm to 4,76 N/mm respectively.

It was determined that one of the most important technological parameters, influencing delamination strength of the clothing adhesive bonds is the bonding temperature. However, the influence of this factor has not been sufficiently studied particularly for knitted fabrics, in which structure is significant amount of elastane fibers. Choosing the bonding temperature, the destruction of the thermoplastic fibers that compiles knitted fabrics, should be avoided, which may weaken the material itself. The aim of this investigation - to evaluate the influence of the bonding temperature on the delamination strength of the knitted fabrics adhesive bonds.

Keywords: knitted fabric, adhesive bond, bonding temperature, strength of the delamination.