

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ПОДЛЕПЕНИ ШЕВОВЕ С PU ЛЕНТА И ПОДЛЕПЕНИ ШЕВОВЕ С GORE-SEAM® ЛЕНТА В МЕМБРАНИРАНИ ТЪКАНИ

Милена Л. Вельова¹, Краса К. Костова², Борислав Г. Генев³

¹Югозападен университет „Неофит Рилски“, Инженерен факултет, Катедра „Дизайн и технология на облеклото и текстила“, 2700 Благоевград, България, ул. „Иван Михайлов“ 66. Имейл: milena.veliova@abv.bg

²Институт по отбрана „Професор Цветан Лазаров“, 1592, София, България, бул. „Професор Цветан Лазаров“ 2
Имейл: k.kostova@di.mod.bg

³Институт по отбрана „Професор Цветан Лазаров“, 1592, София, България, бул. „Професор Цветан Лазаров“ 2
Имейл: b.genov@di.mod.bg

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEAMS TAPPED WITH PU AND GORE-SEAM® TAPE IN MEMBRANED FABRICS

Milena L. Veliova¹, Krasa K. Kostova², Borislav G. Genov³

¹. South-West University "Neofit Rilski", Faculty of engineering, Department "Design and technology of clothing and textile", 2700 Blagoevgrad, Bulgaria, 66 Ivan Mihaylov str.

E-mail: milena.veliova@abv.bg

² Defense Institute "Professor Tzvetan Lazarov", 1592, Sofia, Bulgaria, 2 "Professor Tzvetan Lazarov" Blvd. E-mail: k.kostova@di.mod.bg

³ Defense Institute "Professor Tzvetan Lazarov", 1592, Sofia, Bulgaria, 2 "Professor Tzvetan Lazarov" Blvd. E-mail: b.genov@di.mod.bg

Abstract:

This study presents a comparative analysis of seam sealing in laminated fabrics using polyurethane (PU) tape and Gore-Seam® tape. The research aims to evaluate the performance of both sealing methods in terms of two key parameters - water resistance and mechanical strength of the seams, assessed before and after 30 washing cycles to simulate real usage conditions.

Traditional sewing with needle and thread remains a fundamental joining technique in the textile industry; however, it introduces needle holes that compromise the integrity and barrier properties of high-performance fabrics. This limitation is particularly critical in protective, medical, or military clothing, where leakage or reduced durability can pose safety risks.

Modern alternatives such as welding (by hot air, ultrasonic, or laser methods) and adhesive bonding with sealing tapes offer effective solutions for maintaining waterproofness and functional integrity. The results of the conducted tests demonstrate that both PU and Gore-Seam® tapes significantly improve the waterproof performance compared to conventional seams. Nevertheless, Gore-Seam® tape exhibits superior long-term water resistance and durability after multiple washing cycles, while PU tape provides higher elasticity and cost efficiency.

The findings highlight the importance of selecting the appropriate seam sealing technology depending on the intended use and required performance of the textile product, contributing to the optimization and innovation of functional apparel production.

Keywords: seam sealing, PU tape, Gore-Seam®, laminated fabrics, waterproofness, mechanical strength, functional textiles.

Въведение

Развитието на текстилната индустрия се изправя пред предизвикателствата на съвременния живот и динамичното развитие на глобалния пазар.

С нарастващите изисквания към многообразието от облекло се поставя акцент върху съчетаването на комфорт и надеждна защита, в съответствие с установените стандарти за безопасност, експлоатация [1] и устойчивост. Високата ефективност на текстилните изделия зависи от критични свойства като: водонепропускливост, устойчивост на износване, огнеустойчивост и химическа защита [2]. В този контекст, шиенето с игла и конец заема централно място в текстилната индустрия. Исторически, то е най-утвърденият метод и е основна технология за съединяване на текстилни материали при производството на облекла. Въпреки това, съвременните изисквания към функционалност и надеждност на различните видове облекло, разкриват сериозните му недостатъци.

Проблематика на традиционното шиене

Повече от век, класическото шиене с игла и конец е трудоемък и ненадежден метод в съвременните условия [3]. Пробиването на материала с игла води до нарушаване на неговата цялост, като създава стотици микроскопични отвори, които отслабват механичната здравина и компрометират бариерните характеристики [4]. Така шевовете се превръщат в критични зони на уязвимост, допускащи проникване на течности и значително намаляващи водонепропускливостта на изделието.

Последиците са особено сериозни при специализирано облекло – например термо-защитно, медицинско или военно, където компрометираният шев може да доведе до риск за здравето или безопасността на потребителя. Това прави традиционното шиене не само остарял, но и неподходящ метод за производството на високо функционални текстилни материали.

Алтернативни методи за свързване на

текстилните материали

Ограниченията на класическото шиене създават предпоставки за внедряване на авангардни технологии. Сред най-значимите алтернативи се открояват:

- **Заваряване** – чрез горещ въздух, горещ клин, ултразвук, радиочестоти или лазер, които осигуряват надеждно и водонепропускливо свързване без пробиване на тъканта [5].

- **Залепване** – с помощта на термолепила, спрейове или подлепващи ленти. Използването на полиуретанови (PU) ленти и Gore-Seam® (ePTFE) гарантира запазване на бариерните свойства дори след многократни цикли на пране [6].

- **Хибридни решения** – комбинация между шиене и заваряване, при която традиционните шевове се подсилват със специални ленти за елиминиране на течове.

Посочените методи не само съхраняват критичните свойства на функционалните текстилни материали, но и съкращават производствения процес, намаляват необходимостта от човешки труд и допринасят за екологичната устойчивост на индустрията.

В настоящ доклад е представено сравнително изпитване на два типа ленти (**PU и Gore-Seam®**), използвани при технология на залепване с помощта на горещ въздух и е насочено към определяне на два ключови показателя – **водонепропускливост** и **механична здравина** на шевовете. За осигуряване на обективна основа за оценка на ефективност при реални условия на експлоатация, тестовете са извършени както преди пране, така и след 30 цикъла пране. Материали и методи за извършване на експерименталната част

В Таблицы от 1 до 4 са представени различните видове тъкани, използвани за съединяване, с цел осъществяване на експерименталните изпитвания.

Таблица 1. Черен плат с мембрана HwaFune Textile

| Показател | Мерни единици/ Описание |
|-------------------------|---|
| Състав: | 100% Polyester, 2way stretch |
| Съдържание: | 172*140 / 75D*75D |
| Тегло: | 172 g/m ² |
| Покритие на мембраната: | S6 DWR + 20K/20K Пълно хидрофилно ламиниране |
| Свойства: | Водоустойчивост, ветроустойчивост и дишаемост |
| Приложение: | Спортни облекла за активности на открито, при лоши метрологични условия и дъжд. |

Таблица 2. Тъмно син плат с мембрана - HwaFune Textile

| Показател | Мерни единици/ Описание |
|-------------------------|---|
| Състав: | 100% Polyester 1way stretch |
| Съдържание: | 172*140 / 75D*75D |
| Тегло: | 172 g/m ² |
| Покритие на мембраната: | DWR 10/70= 80% PU точково хидрофилно ламиниране |
| Свойства: | Водоустойчивост, ветроустойчивост и дишаемост |
| Приложение: | Специални облекла за активности на открито, при лоши метрологични условия и дъжд. |

Таблица 3. Светло син плат с мембрана-Maxland Sportwear Industrial

| Показател | Мерни единици/ Описание |
|-------------------------|---|
| Състав: | 100% Recycle Poly 2way stretch |
| Съдържание: | 253*128 / 75D*75D |
| Тегло: | 200 g/m ² |
| Покритие на мембраната: | DWR 10 K , Пълно хидрофилно ламиниране , PFC free |
| Свойства: | Водоустойчивост, ветроустойчивост и дишаемост |
| Приложение: | Специални облекла за активности на открито, при лоши метрологични условия и дъжд. |

Таблица 4. Тъкан, цвят черен, светло син и тъкан тъмно синя с мембрана Gore-Tex

| Показател | Мерни единици/ Описание |
|-------------------------|--|
| Състав: | Лицев слой 50/50 памук/полиестер Мембрана PTFE Предпазен слой 100% полиамид |
| Тегло: | 230 g/m ² |
| Покритие на мембраната: | DWR 10 K , Пълно хидрофилно ламиниране , PFC free |
| Свойства: | Водоустойчивост, ветроустойчивост и дишаемост |
| Приложение: | Специални военни облекла за активности на открито, при лоши метрологични условия и дъжд. |

Материалите, използвани за експерименталната част, са защити с шевни конци от 100% полиестер, с линейна плътност 29,0 tex и специфична здравина на скъсване 10,0 N. Шевът е с плътност 3 или 4 бода на сантиметър. След това, шевове

са залепени с:

- полиуретанова лента, с характеристики представени в Таблица 5.
- Gore-Seam® лента, с характеристики представени в Таблица 6.

Таблица 5. Полиуретанова лента за подлепване на шевове за материи с водоустойчива мембрана.
Производител: Hipster- Model KT- 809 / PU+TPU

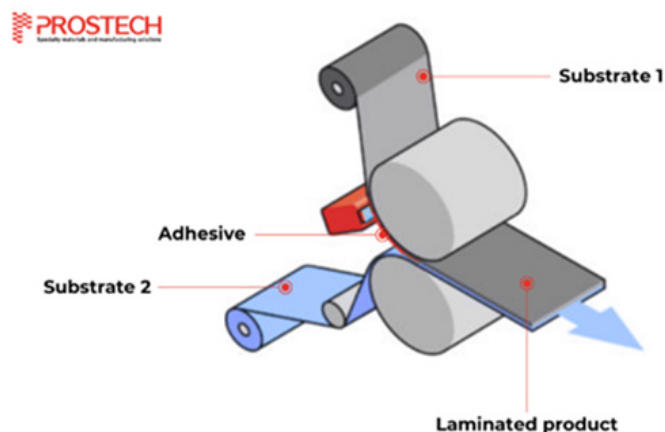
| Показатели | Мерни единици |
|----------------------|--|
| Стандартна дебелина: | 0.08 cm |
| Стандартна ширина: | 2 cm |
| Състав: | 2 слоя текстил PU+TPU мембрана |
| Функционалност: | Изключителна съвместимост към материалите и експлоатационни качества |
| Подходяща за: | Защитни облекла за дъжд и лоши метеорологични условия |
| Цвят | Прозрачна |
| Т на залепване | (450 ÷ 600)°C |
| Скорост на залепване | 15-20 ft/min |
| Въздушно налягане | 0.5-0.7 kgf/cm ² |
| Налягане на валежите | 2- 4 kgf/cm ² |

Таблица 6. Лента за подлепване на шевове за GORE-TEX материи с водоустойчива мембрана.
Производител: VETEX - model: V.Track 3270 PTFE

| Показатели | Мерни единици |
|----------------------|---|
| Общо тегло: | 335gr/m ² |
| Стандартна ширина: | 2-2.2 cm |
| Състав: | PTFE върху PA плетка / Тефлонова лента PU, PTFE, BICO, PES |
| Функционалност: | Изключителна съвместимост към материалите и високи експлоатационни качества - водоустойчивост, устойчивост на горене, ниско тегло, еластичност. |
| Подходяща за: | Професионални облекла- защита от дъжд, пожар и лоши метеорологични условия |
| Цвят | Прозрачна |
| Т на залепване | (450 ÷ 600)°C |
| Скорост на залепване | 15-20 ft/min |
| Въздушно налягане | 0.5-0.7 kgf/cm ² |
| Налягане на валежите | 2- 4 kgf/cm ² |

Технологичен принцип на залепването на шевове с горещ въздух

При съединяване и подлепване на текстилни материали чрез технологията за залепване на шевове с горещ въздух, готовият шев първоначално се покрива с термопластична уплътнителна лента. За да се осигури плътно и устойчиво свързване, материалът заедно с лентата се подава между две притискащи ролки, които упражняват необходимото налягане за компресия. Едновременно с това, в зоната на свързване, се насочва поток горещ въздух (Фиг.1), който активира лепилния слой на уплътнителната лента. Топлината предизвиква частично стопяване на термопластичния компонент, като по този начин той прониква в структурата на текстилните влакна и образува здрава адхезивна връзка между лентата и основния материал [7], [8] (Фиг.2).



Фигура 1. Притискащи ролки на машина за подлепване с горещ въздух

В зависимост от вида на използваните материали, температурата на подавания въздух може да варира в широки граници, като в индустриалната практика тя най-често достига до 700 °C [7].



Фигура 2. Адхезивна връзка между лентата и основния материал

Методики на изпитване:

Изпитване на водоустойчивост

Изпитването е проведено според стандарта EN ISO 811, който определя устойчивостта на текстилните материали на проникване на вода под хидростатично налягане. Хидростатичното налягане на което издържа една тъкан, е мярка за нейната устойчивост на проникване на вода чрез нея. При стандартни условия, образеца за изпитване се подлага от на постоянно нарастващо налягане на вода, докато не се забележи проникване на 3 места капки вода (Фиг.3) Този тест дава количествена стойност, изразена в милиметри воден стълб (mm H₂O), която е индикатор за водоустойчивостта на шева.

Измерване на сила на скъсване

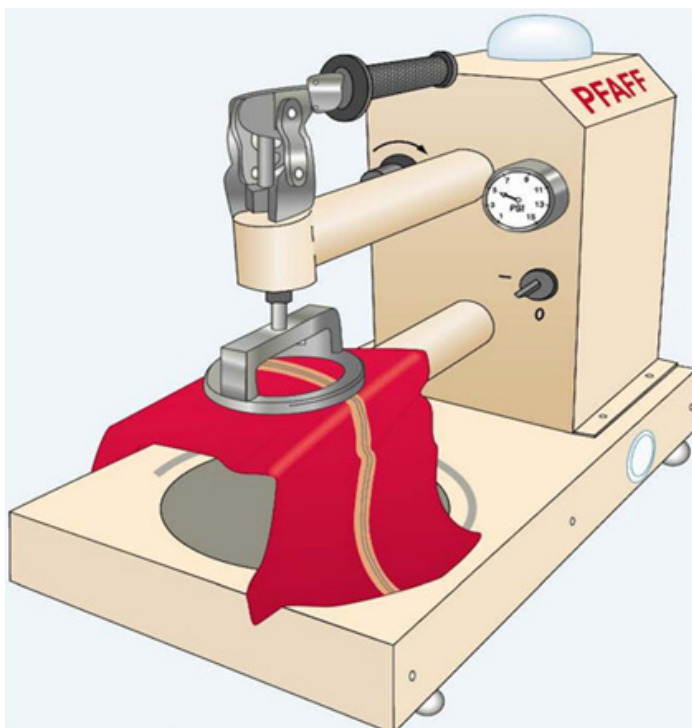
Силата на скъсване на шева е измерена по стандарта ISO 13935-2, който определя максималната сила, необходима за разрушаване на шевния шев при използване на strip method (метод на лента).

Пробите са поставени в универсален тестов уред, където се прилага разтегателна сила, докато шевът не се скъса. Резултатът се изразява в декаНютон (daN).

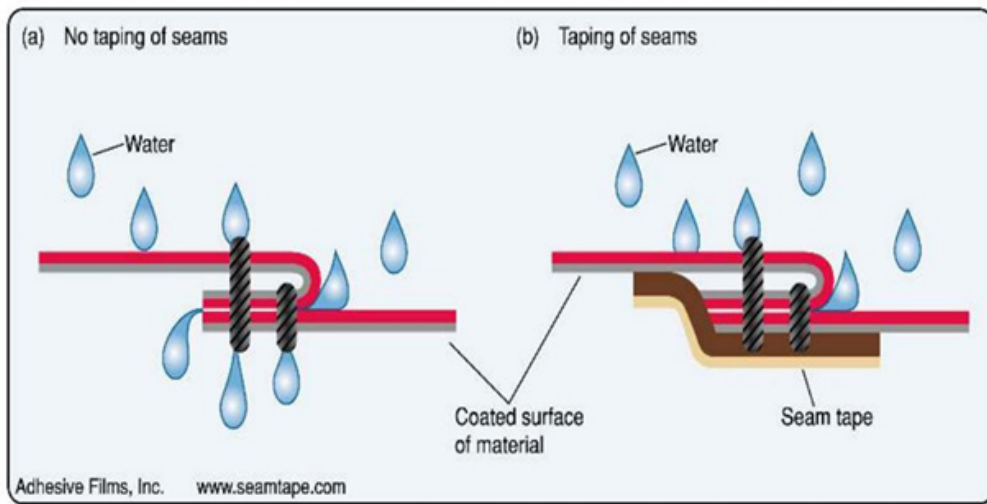
Цикли пране

За да се изследва устойчивостта на шевове при експлоатация, пробите са подложени на 30 цикъла пране по стандарта ISO 6330, който дефинира процедури за домашно пране и сушене на текстил (Фиг.4).
Изпитване на водоустойчивост

За целите на изпитването е използвана автоматична перална машина, тип А, с хоризонтална ос и предно зареждане (съгласно БДС EN ISO 6330:2022) (Фиг.5), с характеристики представени в Таблица 7.



Фигура 3. Подлагане на образеца на постоянно нарастващо налягане на вода



Фигура 4. Подлагане на пробите на пране



*Фигура 5. Стандартна перална машина WASCATOR FOM 71 CLS W365H21, №00522/047550
Electrolux, Sweden; работна среда -температура °C;
обхват: (30 ÷ 95)*

Таблица 7. Изисквания за еталонна перална машина тип А

| Позиция елементи | Елементи | Детайли | Тип А1 изисквания за машина нова доставка | |
|--|-------------------------------|---|--|---|
| Вътрешен барабан | Диаметър | | $(520 \pm 1) \text{ mm}$ | |
| | Дълбочина | | $(315 \pm 1) \text{ mm}$ | |
| | Полезен обем | | 61 l | |
| | Повдигащи ребра | брой | | 3 |
| | | тегло | | $(53 \pm 1) \text{ mm}$ |
| дължина | | | Разположени по цялата дълбочина на вътрешния барабан | |
| | отстояние | | 120° | |
| Външен барабан | | | $(554 \pm 1) \text{ mm}$ | |
| Скорост на барабана | Пране | със зареден материал и вода | $(52 \pm 1) \text{ rpm}$ | |
| | Обезводняване | ниска скорост на центрофугиране | $(500 \pm 20) \text{ rpm}$ | |
| | | висока скорост на центрофугиране | $(800 \pm 20) \text{ rpm}$ | |
| Система на загряване | Мощност на загряване | | $5,4 \text{ kW} \pm 2 \%$ | |
| | Термостат | | контролиран | |
| | | Точност при температура на изключване Температура на включване | | $\pm 1^\circ\text{C}$ $\leq 4^\circ\text{C}$ под температурата на изключване |
| Действие на въртене | нормално ВКЛ нормално ИЗКЛ | Допускът се отнася за интервалите на регулатора | $(12 \pm 0,1) \text{ s}$ $(3 \pm 0,1) \text{ s}$ | |
| | забавено ВКЛ забавено ИЗКЛ | Допускът се отнася за интервалите на регулатора | $(8 \pm 0,1) \text{ s}$ $(7 \pm 0,1) \text{ s}$ | |
| | слабо ВКЛ слабо ИЗКЛ | Допускът се отнася за интервалите на регулатора | $(3 \pm 0,1) \text{ s}$ $(12 \pm 0,1) \text{ s}$ | |
| Водна система | Подаване на студена вода | Дебит Температура | $(20 \pm 2) \text{ l/min}$ $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ | |
| | Ниво на чувствителност | Размер на стъпката | $\leq 3 \text{ mm}$ | |
| | | Повторяемост | $\pm 5 \text{ mm} (\pm 1 \text{ l})$ | |
| | Дренажна система | Дренажен вентил | $> 30 \text{ l/min}$ | |
| Най-малко веднъж в годината да се калибрира еталонната перална машина, в съответствие с инструкциите за калибриране, които могат да бъдат получени от производителя. | | | | |

Използвани са еталонен детергент и баластни материали, със съответните характеристики. Избрана е процедура за пране от представените

в Таблица 8 процедури на пране за еталонна перална машина тип А.

Таблица 8. Процедури на пране за еталонна перална машина тип А

| Процедура № | | | | 9N ^h | 6N ^h | 4N |
|--|-----------------------------------|------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
| Разбъркване по време на загряване, пране и плакнене | | | | Нормално | Нормално | Нормално |
| Пране | Температура | a | [°C] | 92 ± 3 | 60 ± 3 | 40 ± 3 |
| | Ниво на течността | b | [mm] | 100 | 100 | 100 |
| | Продължителност на пране | d | [min] | 15 | 15 | 15 |
| 1-во плакнене | Охлаждане | f | | да | не | не |
| | Ниво на течността | b c | [mm] | 130 | 130 | 130 |
| | Продължителност на плакнене | d g | [min] | 3 | 3 | 3 |
| 2-ро плакнене | Ниво на течността | b c | [mm] | 130 | 130 | 130 |
| | Продължителност на пране | d g | [min] | 3 | 3 | 3 |
| 3-то плакнене | Ниво на течността | b c | [mm] | 130 | 130 | 130 |
| | Продължителност на пране | d g | [min] | 2 | 2 | 2 |
| 4-то плакнене | Ниво на течността | b c | [mm] | 130 | 130 | 130 |
| | Продължителност на пране | d g | [min] | 2 | 2 | 2 |
| | Продължителност на центрофугиране | d | [min] | 5 | 5 | 5 |

Преди пране образците се измерват с калибрирана ролетка. Същите трябва да бъдат с размери $(70 \times 70) \pm 1$ cm. При необходимост се изрязват с ножица. Следва поставяне на образците в пералната машина и добавяне на подходящ баласт, с който да бъдат равномерно смесени. Добавят се (20 ± 1) g, измерени на везна, от еталонен детергент директно в отделението за перилен препарат и се задава избраната процедура на пране.

След приключване на определената процедура на пране от 30 цикъла, всеки обезводнен

образец се простира ненагънат, за да се избегне изкривяване и/или деформация. Образецът за изпитване се суши при неподвижен въздух в стайни условия.

След сушене се оценява външния вид на всеки един от образците. Резултатът се измерва чрез специфично визуално отчитане, като не трябва да има шупли, мехури и разлепени участъци по-големи от 3 mm. Измерването извършва с калибриран шублер, проникването на вода и сила на скъсване на шева.

Резултати

В Таблица 9 са представени получените данни за устойчивост на проникване на вода (mm воден стълб)

Таблица 9. Устойчивост на проникване на вода (mm воден стълб)

| Цвят | PU лента (преди пране) | PU лента (след 30 праня) | Gore-Seam (преди пране) | Gore-Seam (след 30 праня) |
|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Черен | 6500 | 2900 | 5060 | 3370 |
| Тъмно син | 8680 | 1030 | 3920 | 2990 |
| Светло син | 4050 | 2300 | 4200 | 4100 |

В Таблица 10 са представени получените данни при сила на скъсване на шева (daN).

Таблица 10. Сила на скъсване на шева (daN)

| Цвят | PU лента (преди пране) | PU лента (след 30 праня) | Gore-Seam (преди пране) | Gore-Seam (след 30 праня) |
|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Черен | 32.9 | 32.5 | 54.4 | 48.5 |
| Тъмно син | 51.6 | 50.0 | 40.0 | 40.3 |
| Светло син | 72.4 | 68.4 | 55,0 | 49,9 |

Анализ и дискусия

Данните показват, че преди пране PU лентите демонстрират висока водоустойчивост, особено при тъмно син цвят (8680 mm воден стълб). След 30 цикъла пране обаче, те губят значителна част от тази способност, като при тъмно син остава само 1030 mm, което е спад с около 88%. Това вероятно се дължи на деградацията на полиуретановия материал, който е податлив на топлина и абразия при пране [10][11].

В същото време, Gore-Seam лентите показват по-малък спад във водоустойчивостта, като при черен цвят стойностите намаляват от 5060 до 3370 mm, което е значително по-малко намаление в сравнение с PU. Това се обяснява с високата устойчивост на ePTFE мембраната на Gore-Seam® на външни въздействия и запазване на хидрофобните свойства [12][13].

По отношение на механичната здравина, Gore-Seam лентите имат по-висока начална сила на скъсване в сравнение с PU при черен цвят (54.4

daN срещу 32.9 daN). След 30 цикъла пране също запазват по-добри стойности, което ги прави подходящи за продукти, подложени на динамично натоварване и дългосрочна експлоатация.

При PU лентите спадът в механичната здравина е по-малък, но началните стойности са по-ниски, което ограничава тяхната употреба за повзискателни приложения.

Изводи

1. Gore-Seam® лентите осигуряват по-добра дълготрайна водоустойчивост и механична здравина на шевовете в сравнение с PU лентите.

2. PU лентите са подходящи за краткотрайни продукти или продукти с по-нисък бюджет, където експлоатацията е ограничена.

3. Използването на Gore-Seam® е препоръчително за висококачествени outdoor облекла, които се подлагат на интензивна употреба и многократно пране.

Литература

- [1] Rogina-Car, B., & Kovačević, S. (2022). Stitching needle influence on woven fabric appearance and seam properties. *Textile Research Journal*, 92(1–2), 40–54. <https://doi.org/10.1177/00405175211019133>
- [2] Mesegul, C., & Karabay, M. (2020). Effect of seam sealing methods on waterproof properties of multilayered fabrics. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 26(1), 56–62. <https://doi.org/10.5755/j01.ms.26.1.24147>
- [3] Shi, Y., Li, J., Li, P., & Liu, Y. (2016). Ultrasonic welding plus thermo-adhesive tape sealing for waterproof functional seam in outdoor sportswear. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 28(5), 631–642. <https://doi.org/10.1108/IJCST-03-2015-0036>
- [4] Hussen, S., Hübner, M., Cherif, C., & Riede, M. (2022). Influence of ultrasonic welding on mechanical properties of multilayer hybrid textiles. *Journal of Industrial Textiles*, 51(7), 8705–8724. <https://doi.org/10.1177/15280837211057579>
- [5] Hussen, S., Cherif, C., & Riede, M. (2022). Effect of ultrasonic welding process parameters on hydrostatic pressure resistance of hybrid textiles for weather protection. *AUTEX Research Journal*, 22(3), 287–296. <https://doi.org/10.2478/aut-2021-0023>
- [6] W. L. Gore & Associates. (2023). Why do GORE-TEX garments need seam tape? Gorewear Knowledge Base. <https://care.gorewear.com/hc/en-gb/articles/648263388418>
- [7] Jakubčionienė, Ž., Masteikaitė, V. Investigation of Textile Bonded Seams. *Materials Science (Medžiagotyra)*, Vol. 16, No. 1, 2010.
- [8] Alster Industry. What is bonding in clothing and textiles? (2024)., <https://www.alsterindustry.com/what-is-bonding-in-clothing-and-textiles/>
- [9] Kumar, A., & Manshahi, M. (2025). Optimization of Sewing Parameters for Improving the Waterproof Characteristics of Seams using Box–Behnken Design. *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 13(1), jstatm.textiles.ncsu.edu.
- [10] Jeong, Y. J., & Kook, J. H. (2003). A study on waterproof seams for active sportswear. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 27(10), 1198–1207.
- [11] Ahmed, F., Zhang, W., & Yu, W. (2006). Research on the seam performance of waterproof clothing based on continuous ultrasonic welding technology.
- [12] US Patent US6497934B1. Waterproof seam tape and method of application.
- [13] US Patent US9017505B2. Seam-sealing method and apparatus for laminate fabrics.