

Bakalářská práce

3D krytí chronických ran vyrobené kombinací pleteniny a nanovláknenné vrstvy (úvodní materiálová a strukturní studie)

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce:

Markéta Ondrušová

Vedoucí práce:

Ing. Jana Ornstová
Katedra technologií a struktur

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

3D krytí chronických ran vyrobené kombinací pleteniny a nanovláknenné vrstvy (úvodní materiálová a strukturní studie)

Jméno a příjmení:

Markéta Ondrušová

Osobní číslo:

T19000255

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Zadávající katedra:

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši a zaměřte se na současné způsoby krytí chronických ran (případně obecně způsoby krytí ran). V další části rešerše popište postupy elektrostatického zvlákňování a výroby nanovláknenné vrstvy.
2. Provedte technologický experiment, jehož výsledkem by měla být sendvičová struktura kombinující pleteninu a nanovláknennou vrstvu. Hledejte vhodnou kombinaci materiálu zátažné pleteniny a nanovláken. Zvolte vhodnou strukturu (vazbu) zátažné pleteniny.
3. Zhodnoťte vytvořené struktury z hlediska soudržnosti nanovláknenné vrstvy a pleteniny.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 dle potřeby
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. KOVÁŘ, R.: Pletení. Liberec 1999.
2. KOČÍ, V.: Vazby pletenin, SNTL 1980.
3. JIRSÁK, O., KALINOVÁ, K. Netkané textilie. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2.
4. RŮŽIČKOVÁ, J. Elektrostatické zvlákňování nanovláken. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-867-1.
5. HEIKKILA, P., SIPILA, A., PELTOLA, M., HARLIN, A. : Electrospun PA-66 Coating on Textile Surfaces. Textile Research Journal, Nov 2007.

Vedoucí práce: Ing. Jana Ornstová
Katedra technologií a struktur

Datum zadání práce: 1. listopadu 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Janě Ornstové, za její ochotu a trpělivost při vedení této bakalářské práce. Děkuji i mé rodině a tomu nejbližšímu, za podporu a obětavost během celého studia a tvorby této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se věnuje zkoumání nového typu krytí pro chronické rány. Zaměřuje se speciálně na kombinaci pleteniny s nanovláknennou vrstvou.

V teoretické části jsou popsány druhy chronických ran, materiály používané pro přípravu krytí ran a technologie využívané k jejich výrobě. Experimentální část je věnována přípravě pleteniny, její následné vylepšení o nanovláknennou vrstvu, která byla vytvořena pomocí dvou metod AC a DC elektrospinningu. Na závěr byly studovány vlastnosti připravených vzorků.

Klíčová slova

Krytí ran, chronické rány, pletenina, zátažná pletenina, nanovláknenná vrstva, struktura, materiál

Annotation

This bachelor work deals with the research of a new covering for chronic wounds. It focuses on combination of knitted fabric with a nanofibre layer.

In the theoretical part describes types of chronic wounds, materials and technologies used for preparation of covering wounds. The experimental part describes preparation of knitted fabric, its enhancing by nanofiber layer which was created by two methods AC and DC electrospinning. Then the properties of prepared samples were studied.

Key words

Covering wounds, chronic wounds, knitted fabric, weft-knitted fabric, nanofiber layer, structure, material

Seznam použitých zkratek a symbolů

Ba	bavlna	
cca	přibližně	
ČSN	České státní normy	
dtex	decitex	
H	hustota	
Hc	celková hustota pleteniny	[m ⁻²]
Hř	hustota řádků pleteniny	[m ⁻¹]
Hs	hustota sloupků pleteniny	[m ⁻¹]
líc	lící strana pleteniny	
např.	například	
obr.	obrázek	
PES	polyester	
rub	rubní strana pleteniny	
tab.	tabulka	
tj.	to jest	
tzv.	tak zvaný	
Vis	viskóza	
x	aritmetický průměr	
ZI	pletenina interlokovaná	
ZJ	pletenina jednolící	
ZO	pletenina oboulící	
ZR	pletenina obourubní	

Obsah

Úvod.....	8
Rešeršní část.....	9
1.1 Rána.....	9
1.1.1 Akutní rána.....	9
1.1.2 Chronická rána	9
1.1.3 Krytí	13
1.2 Technologie výroby krytí	21
1.2.1 Tkané krytí	21
1.2.2 Pletené krytí	22
1.2.3 Krytí vyrobené z netkaných textilií.....	24
1.3 Materiály využívané k přípravě experimentálního krytí.....	24
1.3.1 Použité zátažné pleteniny	24
1.3.2 Nanovláknenná vrstva.....	27
Experimentální část.....	31
2.1 Materiály	32
2.2 Experimentální určení parametrů pletenin	33
2.2.1 Experimentální určení hustot pletenin	33
2.3 Metoda příprav nanovláken – AC elektrospinning	34
2.4 Metoda příprav nanovláken – DC elektrospinning	37
2.4.1 Určení plošné hmotnosti vzorků po DC elektrospinningu.....	38
2.4.2 Měření průměrů nanovláken	39
2.4.3 Přílnavost vrstvy	41
2.5 Shrnutí experimentu	48
Závěr	49
Zdroje.....	51
Seznam obrázků	55
Seznam tabulek	56
Seznam grafů.....	56

Úvod

Chronické kožní rány se nejčastěji vyskytují u nepohyblivých pacientů. Tyto sekundární kožní rány se velmi špatně hojí, proto se stále objevují nové léčebné postupy a nové technologie využívané k výrobě krytí ran. Tato adhezivní či neadhezivní krytí, postupně nahrazují dosavadní způsob ošetřování chronických ran, jako jsou masti např.: vazelína, DebriEcaSan, Ichtoxyl (Višněvského balzám) [1, 8]. Stěžejním problémem těchto nových typů krytí, je v jejich vysoké pořizovací ceně.

Cílem této práce bylo provést prvotní materiálovou studii zabývající se možností přípravy kompozitního materiálu (kombinací pleteného nosiče a nanosené nanovlákněné vrstvy), který by v budoucnu mohl sloužit jako forma krytí ran. Zmíněný hybridní materiál by bylo možno aplikovat na geometricky členitá místa lidského těla, kde by vytvářel 3D strukturu. V těchto místech by použití běžného plochého krytí ran vyžadovalo komplikované skládání.

Práce je zaměřena na strukturu podkladové pleteniny a její vliv na soudržnost s vrstvou nanovláken. Zkoumá rozdíly mezi upletenými vzorky a následně je propojuje s poznatky o nanosené nanovlákněné vrstvě. Jako podkladové materiály byly použity zátažné pleteniny. Jejich největší výhodou je možnost vytvářet plošně i prostorově tvarované výrobky, které jsou zakončeny neparatelnými okraji. Také příprava výroby zátažných pletenin je velice snadná, což umožňuje jednoduchou a rychlou přípravu vzorků. Metodou střídavého i stejnosměrného zvláknění byly na pletené podklady nanoseny nanovlákněné vrstvy, které byly následně zhodnoceny.

Rešeršní část

1.1 Rána

Ránu lze definovat jako porušení tkáně nebo kůže, způsobenou úrazem či onemocněním. K porušení dochází vlivem vnitřních a vnějších faktorů. Vnitřním faktorem rozumíme například cévní onemocnění, změněný stav výživy, vyšší věk (nad 65 let dochází ke ztrátě elasticity kůže, a i podkožní tkáně) a metabolické poruchy. Do vnějších faktorů patří mechanické faktory, ortopedická zařízení, zvířecí kousnutí, náplasti. Podle délky hojení rozlišujeme rány chronické a akutní [1, 2].

1.1.1 Akutní rána

Vzniká ve zdravé tkáni, např. operací, chirurgickým zákrokem nebo traumatem, přičemž během hojení nedochází ke komplikacím. Celková délka hojení rány se pohybuje zhruba od 1 měsíce až do 18 měsíců, kdy v tomto časovém rozmezí dochází i k remodelaci rány [2, 8].

Skupina akutních ran se dělí dle mechanismu vzniku poškození na:

- mechanické (bodné, střelné, řezné apod.)
- termické (popáleniny, omrzliny)
- chemické (poleptání louhem, kyselinou)
- aktinické (ozáření)
- rány způsobené nesprávně zvoleným způsobem léčení či vedlejším účinkem terapie

V některých případech se může akutní rána změnit v ránu chronickou [2, 26].

1.1.2 Chronická rána

Vzniká při potížích srůstu tkání z pooperačních ran, z ran akutních nebo špatným léčebným procesem či nedostatečným polohováním u nepohyblivých pacientů. Proces hojení špatně probíhá, tyto rány se hojí velmi pomalu. Poloha zasažené oblasti na těle ovlivňuje dobu hojení, která dle literatury Hlinková, Němcová, Hul'ová a kolektiv, 2019,

s.12 [8], může dosahovat až 12 týdnů. Chronická rána představuje riziko k rozvoji infekcí, která může být vyvolána vstupem mikroorganismů do těla skrze oslabené místo.

Klasifikace chronických ran podle Knightona [32]:

- Stadium I – povrchová rána
- Stadium II – hluboká rána
- Stadium III – postižení fascií
- Stadium IV – postižení svalstva
- Stadium V – postižení šlach, vazů, kostí
- Stadium VI – postižení velkých dutin

Mezi chronické rány se řadí především bércové vředy, kožní vředy, popáleniny III. stupně, nádory s vředovitým rozpadem, komplikovaně se hojící posttraumatické a pooperační rány, diabetická noha, proleženiny apod. [1, 2, 26].

1.1.2.1 Nejčastější typy chronických ran

- **Proleženina (dekubit, tlaková ulcerace)**

Proleženina či dekubit je lokální rána podkožní tkáně a kůže. Na jejím vzniku se podílí nejčastěji tlak či tření. Vzniká stlačením měkké tkáně mezi kostí a tvrdou podložkou. Při tomto nadměrném působení tlaku dochází ke špatné cirkulaci krve nebo až k jejímu zastavení. Z tohoto důvodu nejsou pokožka a svaly dostatečně vyživovány, a proto dochází ve tkáni k postupnému odumírání buněk. Nejčastějšími oblastmi výskytu dekubitů jsou kostrč, okolí kyčelního kloubu, hýždě a paty. Méně často se dekubity objevují na končetinách a trupu [2, 9].

Základní stupně proleženin (dekubitů):

- I. stupně: zarudnutí kůže
- II. stupně: částečná ztráta kožního krytu
- III. stupně: úplná ztráta kožního krytu
- IV. stupně: úplná ztráta kůže a podkoží

Nejedná se pouze o lokální problém, ale je nutné zhodnotit i celou řadu vnějších a vnitřních faktorů. Velice důležitým vlivem je věk pacienta. U starších lidí je vyšší pravděpodobnost vzniku dekubitů, kvůli ztrátě pružnosti, nižší pohyblivosti a zhoršené hydrataci kůže. Dalším významným faktorem je zdravotní stav pacienta. Chronicky nemocní pacienti, diabetici, pacienti s vysokým krevním tlakem nebo srdečními chorobami jsou z důvodu narušení cirkulace krve náchylnější na vznik dekubitů. Vznik těchto ran může podpořit i nevhodný stav lůžka tedy takové, které je nepolohovatelné a neupravené [9].



Obrázek 1: Dekubit [9]

➤ **Diabetická noha**

Diabetická noha je onemocnění nervů a cév dolních končetin postihující pacienty trpící diabetem. Jedná se o nezánettivé onemocnění nervových vláken v okolí chodidla, jehož příznaky jsou absence vnímání tepla a chladu, a ztráta vnímání bolesti. Projevuje se brněním či bolestí během klidového režimu, což je způsobeno špatným prokrvením dolních končetin. V důsledku tohoto nedostatečného okysličení a vyživení tkáně dochází v místech nejvíce vystavených tlaku k rozvoji tohoto onemocnění. Nejčastěji se jedná o prsty a hrany nohou. Téměř v polovině případů je nutno provést amputaci [2, 10].



Obrázek 2: Diabetická noha [10]

➤ **Bércové vředy**

U bércového vředu dochází k rozkladu tkáně a jejímu následnému odumírání. Vzniká z chronického žilního onemocnění, nejčastěji v oblasti kotníků. Kůže se během počáteční fáze ztenčuje a vysychá, nebo v opačném případě může mokvat. Tento stav kůže je velmi náchylný k oděrkám, a i malé poranění často vede ke vzniku bércového vředu. Nejprve se na kůži objeví zarudlá skvrnka, která se zvětšuje a osychá. Později se vytváří strup. Ten následně praskne a otevře se rána zasahující až do podkoží [2, 9].



Obrázek 3: Bércové vředy [9]

1.1.3 Krytí

Krytí ran poskytuje ochranu před mechanickým či chemickým znečištěním rány, jejím vysycháním a před ztrátou tepla a tělních tekutin. Správně zvoleným krycím materiálem udržíme v ráně optimální prostředí, chráníme organismus před vstupem infekce a dalšími nežádoucími vnějšími vlivy a podpoříme proces hojení. Napodobíme tak funkci neporušené tkáně [3].

1.1.3.1 Suché obvazy

Se dnes se již využívají omezeně. Používají se při první pomoci nebo jako krytí uzavřených ran, tedy pro sekundárně se hojící rány. Jedná se např. o vatou, gázu, tkané obvazivo či buničinu. Nejčastěji používaným standardem dnešní doby je vlhký způsob ošetření rány.

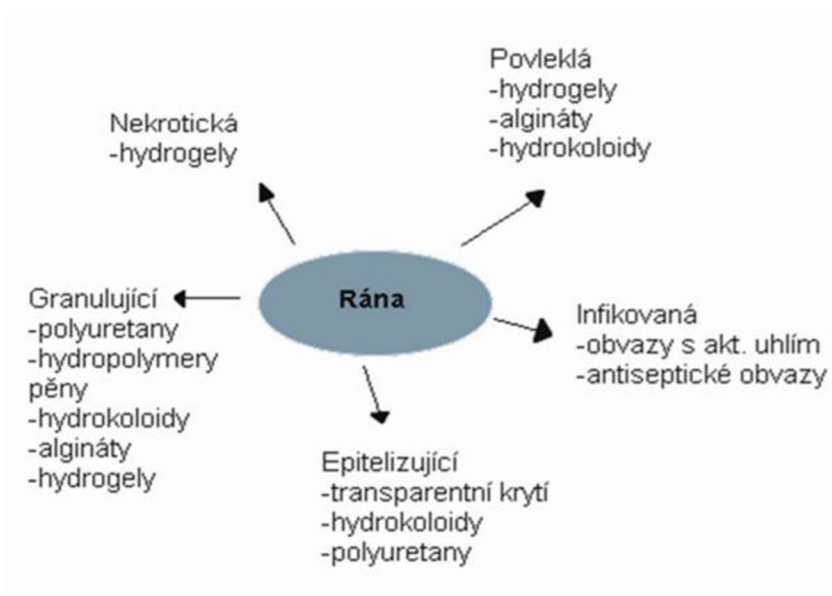
Nejčastějším a nepoužívanějším typem suchého krytí je tradiční krytí. To se také často využívá jako podkladová vrstva vlhkého krytí ran. Jeho primární funkcí je absorpce tekutiny, odsátí krve nebo exudátu, který znemožňuje čistý přístup k ráně. Dále izoluje ránu před infekcí a nežádoucími vnějšími vlivy. Tradiční krytí se vyrábí z bavlny, nebo z její směsi s viskózou, anebo s polyesterem. Mezi tyto produkty patří například gáza a netkané textilie. Gáza je nejčastěji dodávána jako nesterilní výrobek, i přesto je možné ji využít pro tradiční krytí (sterilní gáza se vyrábí v menším množství). Nesterilní gázu lze použít i pro výrobu jiných krytí, například tamponů, roušek a obinadel.

Dalším příkladem pro suché krytí jsou fixační obinadla, která se používají k fixaci i krytí ran. Své uplatnění nachází při problémech s žilkovým systémem nebo pohybovým aparátem. Může se opět jednat o nesterilní i sterilní variantu. Avšak nejvýrazněji je odlišuje, zdali jsou elastická či ne. Pro elastická obinadla lze využít pryžové nitě nebo kroucené příze. Ty způsobují zkrácení obinadla, a dochází tak k větší kompresi při použití. Míra komprese je určující, jestli se jedná o krátkotažná nebo dlouhotažná. Trvale elastická krátkotažná obinadla se mohou vyrábět ze směsi bavlny, viskózy, polyesteru či polyamidu. U obinadel s kohézním efektem se přidává mikrobodová impregnace. Jsou vhodná pro doléčení onemocnění žilního a lymfatického systému. Kompresi je vyvolána tažností pohybující se mezi 70 % - 90 %. Elastická dlouhotažná obinadla jsou složena z bavlny a latexu. Tažnost těchto obinadel se pohybuje kolem 135 % a dobře se

přizpůsobují tvaru končetiny. Po aplikaci vyvíjí vysoký tlak pouze na povrchové žíly. Jejich výhodou oproti krátkotažným obinadlům je, že při pohybu nedochází k nežádoucímu zvyšování tlaku, což je způsobeno jejich vysokou roztažností. Konkrétním příkladem mohou být obinadla z pružné síťoviny. Jsou velmi pružná díky velkým okům. Dále lze vyrobit hadicový obvaz, který je opředen zkadeřeným polyamidovým multifilem, a díky tomu je pružný, pohodlný a snadno se sundává [3, 4, 5, 6].

1.1.3.2 Vlhké krytí

Vlhké krytí bylo známo již ve starověké Mezopotámii, Egyptě, Řecku a Římě, kdy do hojivých balzámů byl přidáván med. Ten pomáhal udržet vlhké prostředí uvnitř rány. Vlivem vlhkosti prostředí na rychlost hojení rány se zabýval prof. G. Winter. Roku 1962 zjistil, že pokud je rána udržována ve vlhkém stavu, dochází k urychlení reepitelizace. Další výzkum provedl prof. Hutchinson roku 1991, jež zjistil, že udržováním rány ve vlhkém stavu nezvyšuje výskyt infekcí [9].



Obrázek 4: Dělení vlhkého krytí podle druhu rány [9]

Upřesněním stavu rány je možno vybrat vhodný typ vlhkého krytí. Běžně používané kombinace jsou znázorněny na obrázku 4. Jednotlivé druhy nejčastěji využívaného vlhkého krytí, dle jejich funkce jsou popsány následovně.

Hydrokoloidy

Jedná se o nejstarší krytí nové generace, které vytváří vlhké prostředí. Tato okluzivní krytí jsou jednovrstvá nebo dvojevrstevná. Vnější vrstva je tvořena pěnou z polyuretanu. Vnitřní absorpční vrstva obsahuje hydrokoloidní polymerový komplex želatiny, karboxymethylcelulózy a pektinu. Tyto látky při dotyku s ránou pomalu absorbují infikovaný sekret a mění se v gel. Tento typ krytí je nutné pravidelně měnit. Signál k převazu nám poskytne samotné krytí, kdy se na povrchu obvazu objeví útvar připomínající puchýř. Po sejmutí krytí se na spodině rány objeví kašovitý nasládlý sekret, který se během převazu odstraní. Hydrokoloidy jsou snadno aplikovatelné, nepropouští páru a jsou voděodolné. Hydrokoloidní krytí ran nalezneme pod obchodními názvy jako např.: Granuflex, Suprasorb H, Tegasorb.

Novější forma krytí obsahující hydrokoloidy je tvořena z hydrovláken. Tamají vysokou absorpční a retenční schopnost. Jsou tvořena pouze z hydrokoloidu. Spřádají se do dutých vláken, ze kterých se tvoří netkané krycí polštářky, např.: Aquacel [7, 27].

Algináty

Jsou polymery obsahující soli organických kyselin získávané z hnědých mořských řas. Při styku se sekretem rány se také mění v gel. Používají se k čištění hlubokých ran, kde pohlcují zbytky odumřelých buněk a hnisu. Tyto nežádoucí látky jsou uzavírány do gelu. Obchodními názvy tohoto krytí jsou např.: Flaminal, Suprasorb A, Sorbalgon [5].

Polyuretany

Jedná se o polopropustnou polyuretanovou pěnu schopnou vysoké absorpce. Tento typ krytí absorbuje tekutinu spolu s bakteriemi, které v sobě uzavře. Při převazu rány lze všechnu výpotek snadno odstranit. V ráně udržuje vhodné, vlhké prostředí a zabraňuje průniku vnějších látek a vzniku infekcí. Jsou tedy vhodné k aplikaci na velmi infikované rány. Zástupce tohoto pěnového krytí nalezneme pod názvy např.: Atrauman Ag, Biatain [4, 27, 28].

Hydropolymery

Jedná se o směsi polymerů s hydrofilním účinkem. Podobají se hydrokoloidům. Prodávají se ve formě pěnového obvazu, který po aplikaci dokonale přilne na ránu a absorbuje její sekrety. Tuto skupinu reprezentuje krytí Tielle, skládající se ze tří vrstev. Vnější část je tvořena polopropustnou polyuretanovou vrstvou. Střední vrstva z netkané textilie slouží k odsátí přebytečného sekretu ze spodní hydropolymerové vrstvy. Jako u hydrokoloidů signalizuje vyčerpanou absorpční kapacitu „puchýřem“. Dalšími komerčně dostupnými produkty jsou např.: PolyMem Quadrafoam, Suprasorb P, Perma Foam [4, 6, 28].

Hydrogely

Jedná se o trojdimenzionální struktury z polymerů a kopolymerů s vysokým obsahem vody. Tyto prostředky rehydratují suchou tkáň, ale jsou i schopny absorbovat sekret exsudujících ran. Jsou vyráběny ve formě kompaktních a amorfních krytí.

- *Kompaktní hydrogelová krytí* – přiložením na ránu se vytvoří vlhké prostředí. Díky průhlednosti lze ránu po celou dobu hojení kontrolovat, aniž bychom museli krytí sundávat. Po absorpci hnisu a krve vznikne gel. Výhodou tohoto typu krytí je schopnost absorbovat vodu a následně ji uvolnit v místě potřeby.
- *Amorfní hydrogelová krytí* – jsou určená k rehydrataci suché tkáně s povlaky a rozvolněním nekrotické tkáně. Gel se v tomto případě změní ve vodní roztok díky, kterému nekróza po několika dnech změkne a odloučí se. Běžně se používá v kombinaci se sekundárním krytím. Amorfní gely mají zklidňující účinek a snižují bolest. [8, 15].

Hydrofibery

Technologie hydrofíber dokáže absorbovat do sebe zánětlivý výpotek, který se poté promění v gel. Jedná se o měkký materiál, chránící okolní zdravou kůži v okolí rány. Na obrázku 8 a 9 lze spatřit krytí s touto technologií [4, 6, 28].

Medové algináty

Jedná se například o alginátové krytí Vivamel. Tento typ krytí obsahuje lékařský kaštanový med, který zkracuje dobu hojení díky obsahu vitamínů, minerálů a enzymů. Jednou ze složek je alginát vápenatý, který zajišťuje absorpci tekutin [6].

Oxidovaná regenerovaná celulóza

Se používá jako vstřebatelná gáza, která slouží k rychlému zastavení krvácení. Při vstřebání krve gáza nabobtná, nepřilne však ke tkáni. Její podstatou je hydrogenvápenatá sůl 100% oxidované celulózy. Tento typ krytí není vhodný na infikované rány. Jedná se například o krytí Surgiclean [4, 6, 28].

Mikronizovaný kolagen

Jedná se o bioaktivní krytí ve formě sterilního prášku nebo plošného krytí. Stabilizuje a hojí ránu [28].

Aktivní uhlí

Jako jednou ze složek krytí ran se používá i aktivní uhlí. Díky svým vysokým absorpčním schopnostem pomáhá odstraňovat zápach, bakterie a odsávat tekutinu z rány. Pokud se rána projevuje nedostatečnou sekrecí, je možné použití obvazu s aktivním uhlím kombinovat s hydrogely. Použitím v kombinaci s částicemi stříbra získávají takovéto kryty ran i antiseptické vlastnosti. Vyskytuje se u krytí známých pod obchodními značkami Vliwaktiv nebo Systagenix [3, 4, 5, 6].

Chitosan

V některých typech bioaktivního krytí slouží jako hlavní složka chitosan. Jedná se o modifikovanou formu chitinu nacházející se v buněčné stěně hub a kostře korýšů. Z chemické podstaty se jedná o polysacharid, jehož základní stavební látkou je glukosamin. Uvnitř ran působí hemostaticky, zabraňuje vzniku zánětu a podporuje tvorbu granulační tkáně.

Krytí s obsahem chitosanu je vhodné používat na rány s vysokou sekrecí. Díky jeho antibakteriálním vlastnostem se může jednat i o infikované rány. Toto krytí je známé například po názvem Chitoskin [4, 21, 26].

Kyselina hyaluronová

Kyselina hyaluronová napomáhá regeneraci tkání. Použitím krytí s přídavkem kyseliny hyaluronové je možno urychlit léčbu špatně se hojících ran. Výrobce Contipro a.s. uvádí u svého krytí Sorelex, že pomocí kyseliny hyaluronové dosáhl ke kvalitnějšímu a pevnějšímu zhojení nové tkáně [29].

Sít'ové materiály

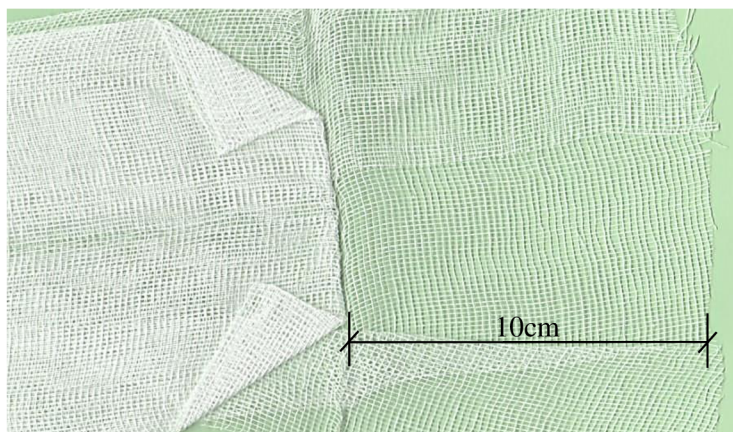
Sít'ové materiály se používají k léčbě povrchových defektů. Pro tento typ aplikací se používají tkaniny z bavlny, viskózy či polyesterových vláken s oky. Jsou typické svou permeabilitou pro vodu a plyny a svou měkkou konzistencí. Tyto materiály jsou naimpregnovány nedráždivými masťovými základy, které mají neutrální účinek na kůži, jako jsou například parafin, vazelína a jiné. Navíc mohou být doplněny účinnými složkami jako je např.: kyselina hyaluronová, silikon, 3% bizmut tribromfenát a další. Najdeme je pod obchodními názvy Xeroflo, Jelonet, Adaptic, Bionect.

Antiseptické obvazové materiály

Jsou netkané porézní textilie neabsorbující exsudát. Tato krytí jsou impregnována antiseptickými látkami jako jsou například stříbro, jod-povidon, chlorhexidin, sulfadiazin stříbra. Jsou schopny propouštět vodu a plyny. Běžně se aplikují přímo na ránu a překrývají sekundárním krytím [8].

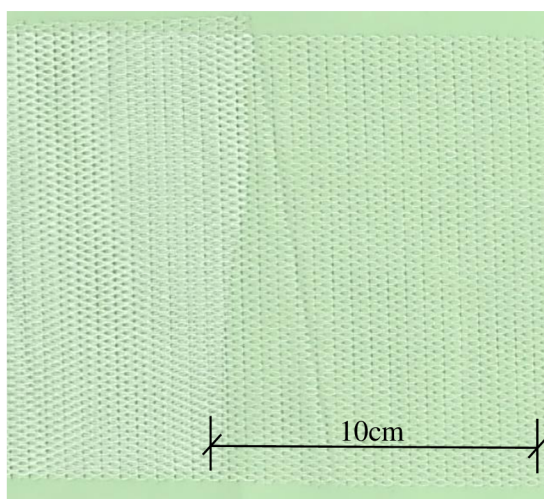
1.1.3.3 Příklady různých krytí

- Gázová komprese – firma Lohmann & Rauscher, s.r.o., sterilní, 100% bavlna



Obrázek 5: Gázová komprese

- Sanatyl – výrobce BATIST Medical a.s., hydrofobní, porézní, sterilní, 100% polyester



Obrázek 6: Sanatyl 20

- FoamLite – Convatec, adhezivní, voděodolný, polyuretan, sterilní



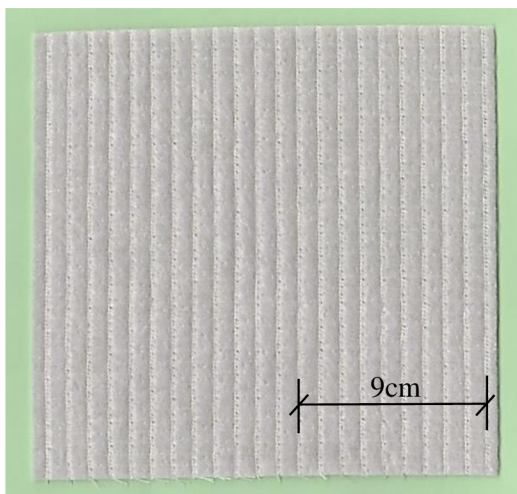
Obrázek 7: Adhezivní krytí FoamLite 15 cm x 15 cm

- Aquacel Foam – Convatec, neadhezivní, sterilní, polyuretanový film, netkaná textilie s technologií Hydrofiber



Obrázek 8: Neadhezivní krytí Aquacel Foam 20 cm x 20 cm

- Aquacel Ag+ Extra – Convatec, neadhezivní, netkaný materiál s technologií Hydrofiber, s přídavkem stříbra, sterilní



Obrázek 9: Aquacel Ag+ Extra neadhezivní pro ránu o rozměrech 15 cm x 15 cm

1.2 Technologie výroby krytí

Léčivé látky a masti jsou do rány dopravovány skrze podklad označovaný jako nosič. Tento nosič lze vyrobit několika způsoby. Způsob výroby pak přímo ovlivňuje manipulaci a flexibilitu daného typu krytí ran.

1.2.1 Tkané krytí

Dle definice je tkanina plošná textilie skládající se z jedné či více podélných soustav nití a z jedné nebo více příčných soustav nití, které jsou vzájemně provázány v kolmém směru [11].

Pro výrobu tkaných obvazových materiálů se nejčastěji používá bavlna a syntetická vlákna z přírodních či syntetických polymerů. Obinadla se vyrábí z bavlny s elastickými vlákny. Kvůli možnosti absorbovat přebytečnou tekutinu sekretu vytékajícího z rány je vhodné používat hydrofilní vlákna [7, 8].

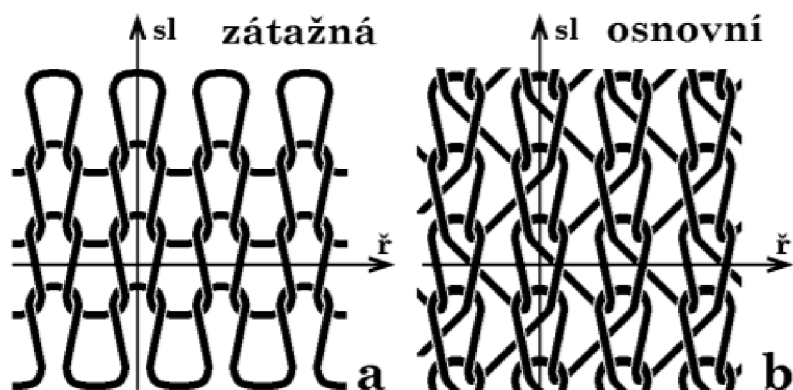
Nejčastěji používanými tkanými obvazovými materiály jsou [7, 8]:

- *Hydrofilní gáza (mul)* – řídká tkanina v plátňové vazbě z bavlny nebo s příměsí viskózy. Je základním materiálem pro výrobu krycích čtverců, tamponů, hydrofilních obinadel.
- *Kaliko* – tkanina z bavlněné příze v plátňové vazbě, pevná, používá se především ve formě trojcípého šátku během první pomoci.

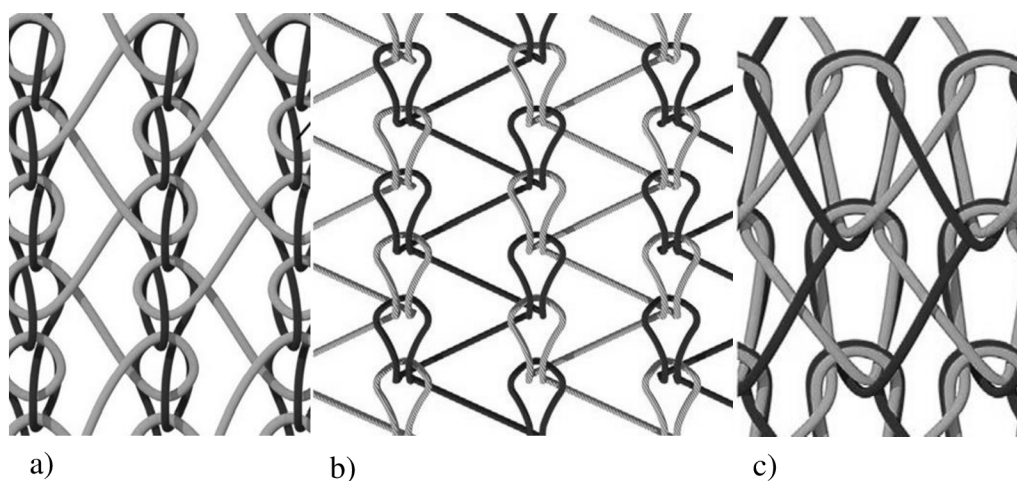
1.2.2 Pletené krytí

Pletenina je plošná textilie vznikající provlékáním klíček nebo oček. Na rozdíl od tkaniny ji lze vyrobit z jedné soustavy nití. Rozlišujeme pleteninu zátažnou a osnovní. U zátažné pleteniny vzniká řádek postupně a nit je zapletena v horizontálním směru. Osnovní pleteniny se vytváří ze svislé soustavy nití, tedy osnovy. Na rozdíl od zátažné pleteniny vzniká řádek najednou, a to tím způsobem, že jsou nitě osnovy zapleteny ve vertikálním směru. Struktura znázorněna na obrázku 12.

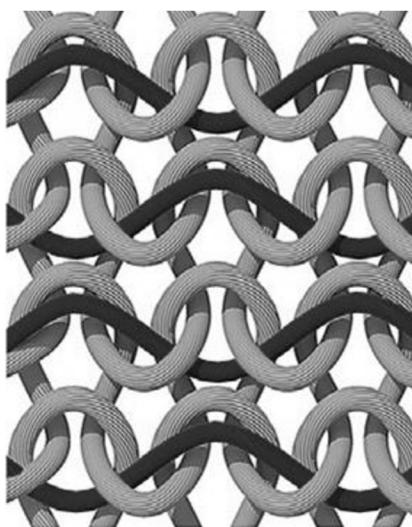
Výhodou zátažných pletenin je možnost vytvářet plošně i prostorově tvarované výrobky, přičemž vstupním materiálem může být pouze jeden délkový útvar. Navíc tyto výrobky mohou být zakončeny neparatelnými okraji. Také příprava výroby zátažných pletenin je velice snadná, což umožňuje jednoduchou a rychlou přípravu vzorků. Přesto co do výrobnosti a odolnosti vůči páření jsou lepší osnovní pleteniny, proto se pro výrobu krytí ran nejčastěji používají osnovní pleteniny. Touto technologií jsou dnes vyráběna například elastická obinadla různých šířek a délek. Materiálem používaným pro jejich výrobu je často bavlna v kombinaci s latexem [18, 20, 27, 30].



Obrázek 10: Zátažná a osnovní pletenina [18]



Obrázek 11: příklady osnovních pletenin používaných pro krytí ran,
 a) řetízek v kombinaci s vazbou chytovou sráženou, b) trikot – otevřený, c) dvojitá
 osnovní jednolící pletenina – trikot uzavřený kladený protisměrně [35]



Obrázek 12: příklad zátažné pleteniny používané
 pro krytí ran s vkládanou přízí – zátažná
 jednolící výplňková pletenina [35]

1.2.3 Krytí vyrobené z netkaných textilií

Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken propojených jakoukoliv technikou s výjimkou tkaní, pletení, paličkování, splétání či všívání. Běžně je soudržnost těchto vrstev dosahována vzájemným třením vláken, jejich kohezi anebo adhezi [12].

Netkané tampony a krytí se využívají především pro prvotní ošetření ran a následnou aplikaci neadhezivního krytí. Jsou vyrobeny z viskózy s přídavkem polyesteru. U takto připravených textilií nedochází k uvolňování vláken, jako je tomu u bavlněné gázy, a navíc mají i vynikající savost [7, 8].

1.3 Materiály využité k přípravě experimentálního krytí

1.3.1 Použité zátažné pleteniny

Zátažné pleteniny rozlišujeme podle toho, jak jsou uspořádaná lícni a rubní očka. Podle jejich uložení dělíme zátažné pleteniny na jednolícni, oboulícni, obourubní a interlokové. Každá z pletenin v hladké vazbě se skládá pouze z oček. Přidáním nebo ubíráním vazebných prvků, např. oček, chytových kliček, podložených kliček a jiných, vznikají další vazby [24].

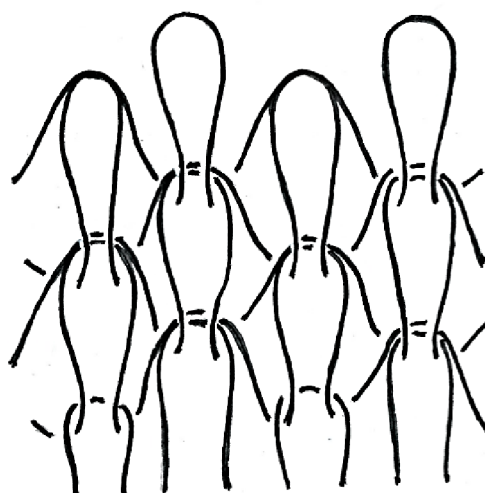
Zátažná jednolící pletenina – štruk (jednolící chytová struková pletenina):

Zátažná pletenina jednolící se skládá z jednoho druhu oček. Vyznačuje se nižší tloušťkou než zátažná oboulící pletenina. Vybraným zástupcem tohoto typu pleteniny byla vazba štruk. Tato pletenina má na jedné straně patrná lící očka, a na druhé jsou patrná očka rubní. Tato vazba vzniká kombinací lících oček a chytových kliček. Je používána při výrobě svrchního oblečení jako jsou trika, dětské oblečení, svetry a čepice. Je charakteristická plastickými podélnými proužky na lící straně [18, 19].

4.ř.	.	V	.	V
3.ř.	V	.	V	.
2.ř.	.	V	.	V
1.ř.	V	.	V	.

Obrázek 13: Zápis vazby štruk patronou VÚP

Obrázek 13 znázorňuje zápis vazby štruk patronou VÚP, kde lící očko je označeno písmenem V a chytová klička zanačena tečkou. Obrázek 14 znázorňuje vazbu štruk prokreslenou v očkách.



Obrázek 14: provázání vazby štruk

Pleteniny zhotovené vazbou štruk se vyznačují tím, že mají výrazně povrchově členitou rubní stranu. Toto povrchové zvrásnění může způsobovat lepší adhezi dalších nanášených vrstev.

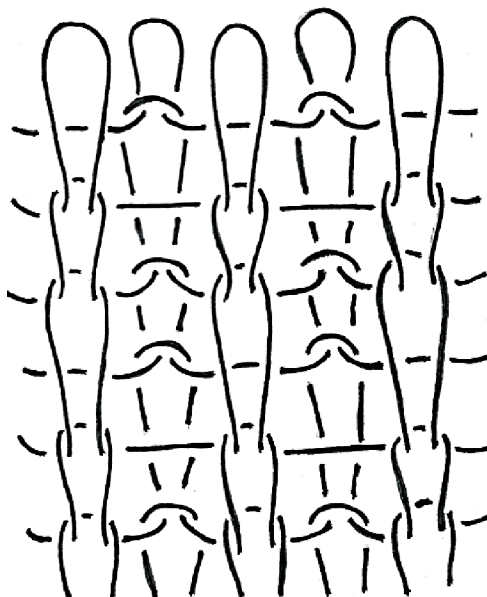
Zátěžná oboulícní pletenina (ZO) – italská vazba (Milano Rib):

Zátěžná pletenina oboulícní se skládá ze sloupků tvořených lícními i rubními očky a vyznačuje se vysokou tažností v příčném směru. Mezi tyto vazby se řadí i vazba Milano Rib. V tomto případě se jedná se o hladkou vazbu se sníženou příčnou tažností vlivem podložené nitě. Díky tomu je omezeno natahování materiálu a tím i poškozování nanesené nepružné (nanovláknenné) vrstvy. Vzniká střídáním oboulícního řádku se dvěma jednolícními řádky. Ty se střídavě pletou na jednom a druhém lůžku. Pletenina má oboustranný líc a jemné příčné řádkování. Větší tloušťka ve srovnání se ZJ způsobuje horší ohybovou tuhost. Své využití nachází u límců trik, kapes a lég [18, 19, 20].

6.ř.	–	O	–	O
5.ř.	V	–	V	–
4.ř.	V	O	V	O
3.ř.	–	O	–	O
2.ř.	V	–	V	–
1.ř.	V	O	V	O

Obrázek 15: Zápis vazby Milano Rib patronou VÚP

Na obrázku 15 je znázorněn zápis vazby Milano Rib patronou VÚP. Lícní očko je značeno písmenem V, rubní očko písmenem O a podložená klička pomlčkou.

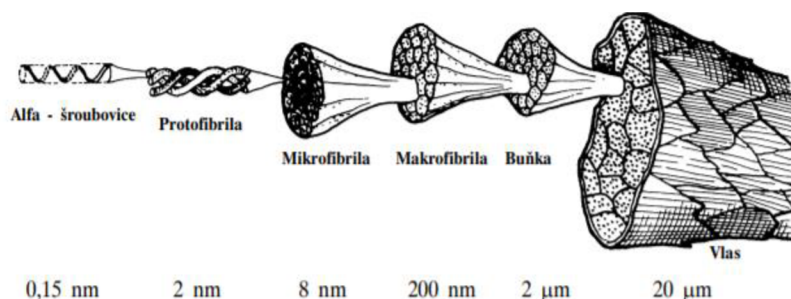


Obrázek 16: provázání vazby Milano Rib

1.3.2 Nanovláknenná vrstva

Jako nanotechnologie se obecně označuje technický obor, který se zabývá tvorbou a využíváním technologií v měřítku řádově nanometrů (obvykle cca 1-100 nm), tzn. 10^{-9} m, což je přibližně tisícina tloušťky lidského vlasu.

Jedna z oblastí nanotechnologií se zabývá výrobou nanovláken, což jsou vláknité útvary materiálu o tloušťce menší než 1 mikrometr (1000 nm). Jejich vzájemným nahodilým skládáním lze připravit nanovláknenné vrstvy. V současnosti nejefektivnější a pro průmyslové nasazení nejvhodnější metodou jejich výroby je elektrostatické zvláknění neboli elektrospinning. Jednou z jeho modifikací je technologie Nanospider. Elektrospinningem je možno vyrábět nanovláknena na bázi anorganických, organických i biogenních látek [13, 14, 15].



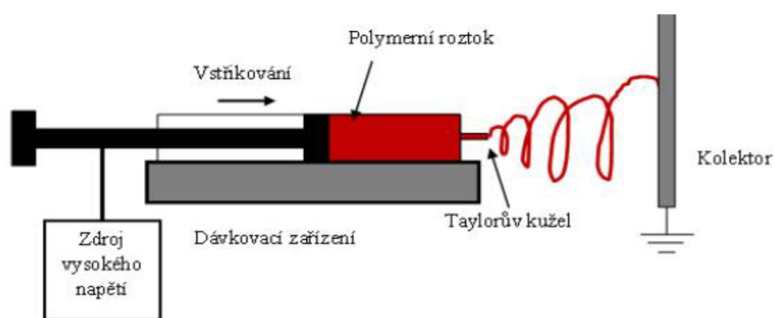
Obrázek 17: Hierarchická struktura vlasu [21]

1.3.2.1 Elektrostatické zvlákňování

Elektrostatické zvlákňování je způsob výroby nanovláken působením elektrostatické síly. Během tohoto procesu dochází k překonání kapilárních sil kapaliny působením elektrostatických sil, které ústí v následný vznik nanovláken. Pro zvlákňování se mohou používat jak polymerní roztoky, tak i taveniny.

Zvlákňovací elektroda pokrytá zvlákňovaným materiálem je připojena na zdroj vysokého napětí. Po jeho zapnutí, vysoké elektrické napětí (jednotky až desítky kV) vyvolá polarizaci a orientaci molekul uvnitř kapaliny. Na jejím povrchu dojde ke vzniku Taylorových kuželů, jež směřují ke kolektoru, sběrné elektrodě připojené na nižší elektrický potenciál. Ze špičky Taylorova kuželu se uvolňuje materiál, který je elektrostatickým polem urychlen směrem ke sběrné elektrodě [13].

Na obrázku 18 je vysvětlen princip elektrostatického zvlákňování z horizontální kapiláry. Dávkovací zařízení je naplněno roztokem. Pro horizontální kapiláru musí být použito čerpadlo, které uvede kapky polymeru do pohybu. Kolektorem může být rovná deska nebo mřížka z kovu.



Obrázek 18: Princip elektrostatického zvlákňování [15]

Jednou z dalších z modifikací elektrostatického zvlákňování je využití svíslého umístění kapiláry, ze které vlivem gravitace odkapává kapalina na kolektor nacházející se pod kapilárou. Jde o tzv. „zvlákňování z tyčky“. Pro tuto vertikální kapiláru není vhodné využití v průmyslové výrobě, protože neumožňuje zvláknit polymerní roztok ve velkém množství. Nízká produktivita této modifikace je dána nízkým skladovacím objemem uvnitř zásobních stříkaček. Navíc je obtížné jednotlivé stříkačky dokonale vyčistit. Z těchto důvodů je metoda využívána zejména pro testování nových polymerních materiálů.

Pro průmyslovou výrobu existuje jiný způsob elektrostatického zvlákňování, a to bez ztráty na produktivitě a bez zdoluhavé a komplikované údržby. Tato technologie se nazývá Nanospider (viz kapitola 2.3.2), a byla vyvinuta na půdě Technické univerzity v Liberci [13, 15].

1.3.2.2 Nanospider™

Tato modifikace elektrostatického zvlákňování umožňující vyrábět nanovlákna a nanovlákenné vrstvy byla objevena na Katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci ve spolupráci s firmou Elmarco. Tato metoda nevyužívá pro zvlákňování trysky ani kapiláry. Principem je zvlákňování z povrchu kapky či z tenké vrstvy polymeru.

Tato metoda spojuje pohyblivou nanášecí hlavu a statickou zvlákňovací strunu. Pohyblivá hlava obsahuje polymerní roztok, který svým pohybem nanáší po celé délce struny. Na strunu, zvlákňovací elektrodu, je připojen zdroj vysokého stejnosměrného napětí. Vysoké napětí vyvolá polarizaci a změnu orientace polarizovatelných molekul. Vlivem rozdílu elektrických potenciálů mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou dochází ke vzniku Taylorových kuželů a z nich vytahování vláken, které za správných podmínek dosahují průměrů v řádu stovek nanometrů. Vhodnou úpravou intenzity elektrického pole je možno upravovat vlastnosti připravovaných vrstev. Vlákna jsou zachytávána ve formě netkané textilie na sběrnou elektrodu či na podkladový materiál překrývající sběrnou elektrodu. Velikost takto připravených vláken se pohybuje v rozmezí mezi 100-300 nm. Výhodou této metody oproti AC elektrospinningu je vysoká rovnoměrnost produktu a oproti jiným strojům založeným na DC elektrospinningu i vysoká efektivita procesu [13, 15, 22, 31].

1.3.2.3 Parametry pro elektrostatické zvlákňování

Úspěšné zvlákňování vychází ze zvláknitelnosti, tedy schopnosti tvořit a formovat vlákna. Tato schopnost může být ovlivněna procesními nebo materiálovými podmínkami.

Procesní podmínky ovlivňují celý proces zvlákňování. Řadí se zde uspořádání spinneru, což přímo ovlivňuje produkci a průměr vláken. Můžeme zde měnit průměr jehly, nebo přidávat či ubírat trysky kvůli ovlivnění výkonu. Dále můžeme upravovat vzdálenost zvlákňovací elektrody od kolektoru, měnit velikost napětí, hodnotu teploty a vlhkosti.

Materiálová podmínka je určena typem a parametry používaného polymerního roztoku. Je dána jeho molekulovou hmotností, viskozitou, koncentrací, povrchovým napětím, přítomností různých aditiv aj. [13, 14].

1.3.2.4 Materiály pro elektrostatické zvlákňování

Dnes se častěji ke zvlákňování používají polymerní roztoky než taveniny. Zpracovávají se polyamidy (PA 6, PA 6.6), polyuretany, PVA, PCL, polyolefiny, aramidy, akryly, biopolymery (proteiny) a další elektricky vodivé polymery. Z tavenin se používá polyethylen a polypropylen. Vlákna mohou být nejen kruhová, ale i s odlišnými tvary průřezu a rozdílných průměrů [9].

1.3.2.5 Polyvinylbutyral

PVB se vyrábí reakcí polyvinylalkoholu s butanolem v prostředí methanolu, kde jako katalyzátor slouží kyselina sírová. Jeho chemické a fyzikální vlastnosti se odvíjí dle obsahu složek. Stupeň polymerizace ovlivňuje viskozitu, mechanické a tepelné vlastnosti. Teplota tání (T_m) je v rozmezí od 160 °C do 210 °C. Rozsah teploty skelného přechodu (T_g) se pohybuje od 50 °C do 95 °C. Distribuuje se ve formě granulí či prášku.

Využívá se zejména v automobilovém průmyslu, pro výrobu bezpečnostních skel. Tato skla jsou vrstvená, tedy průhledná, pružná, pevná v tahu a odolná proti pádu. Při poškození nebo dokonce rozbití sklo dokáže nadále držet pohromadě díky chemickým vazbám.

Dále se PVB přidává jako barva na kůže v kombinaci s nitrocelulózou a změkčovadly, do nátěrů na dřevo, pojiv či jejich příměsí. Obchodní názvy pro tento polymer jsou: PVB, Butacite, Butvar, Trosofil, Saflex aj. [16, 17].

Experimentální část

V průběhu laboratorní práce zaměřující se na vývoj potenciálně nového typu krytí ran byly připraveny vzorky skládající se z vrstvy pleteniny doplněné o nanovláčennou vrstvu. Jedná se o prvotní studii zaměřovanou zejména strukturní charakter pletenin a jeho význam pro přípravu krytí ran. Jednotlivé vzorky pleteniny byly zhotoveny na plochém pletacím stroji Shima Seiki NewSES 122FF dělení 18 jehel na anglický palec a následně byly změřeny jejich strukturní parametry. Připravené vzorky pleteniny se od sebe lišily hustotou, vazbou a použitým materiálem (bavlna, viskóza, polyester). Pro přípravu nanovláčenné vrstvy byly využity dvě technologie elektrospinningu a to AC a DC zvláčňování. Produkty jednotlivých technologií zvláčňování se liší způsobem přípravy, vlastnostmi a strukturou vrstvy. Záměrem bylo prostudovat efekt drsnosti podkladové textilie na přilnavost nanovláčenné vrstvy. Na základě optického vyhodnocení přilnavosti nanovláčenné vrstvy k pletenině byla vybrána jako vhodnější technologie k dalšímu testování technologie DC elektrospinningu. Pro test adheze byly vybrány vzorky připravené ve vazbě milano rib, jejichž povrch lze popsat jako hladký a také vzorky s poměrně členitým povrchem připravené ve vazbě štruk.

Postup experimentu

- zhotovení vzorků pletenin na plochém pletacím stroji
- stanovení strukturních parametrů úpletu
- nanosení nanovláčenné vrstvy na vzorky pletenin
- měření průměrů nanovláčků
- měření plošné hmotnosti vzorků bez nanovrstvy a s nanovrstvou
- měření soudržnosti nanovláčenné vrstvy a pleteniny
- vyhodnocení a porovnání dat

2.1 Materiály

Pletené vzorky byly zhotoveny pro obě metody ve stejných rozměrech, 30 cm x 100 cm. Pro jejich výrobu byly použity následující vstupní materiály.

- prstencová 100% bavlněná česaná příze – jemnost 200 dtex, pro pletení druženo 1x
- polyesterové hedvábí – jemnost 100 dtex, 96 fibril (průměr fibrily 9,86 μm), kadeřené, pro pletení druženo 2x
- polyesterové hedvábí – jemnost 120 dtex, 36 fibril (průměr fibrily 17,66 μm), kadeřené, pro pletení druženo 1x
- prstencová viskózová česaná příze – jemnost 200 dtex, pro pletení druženo 2x
- prstencová viskózová česaná příze – jemnost 200 dtex, pro pletení druženo 1x

Pro přípravu pletenin byly vybírány vstupní staplové příze a multifily, u kterých byl brán ohled na průměr fibril. Při výběru bylo cíleno na to, aby se průměr jednotlivých fibril blížil mikro rozměrům.

Tabulky 1 a 2 popisují jednotlivé vzorky povlákňovaných pletenin, jejich druh, typ použité vazby, z jakého materiálu jsou vyrobeny a technologii předení.

Tabulka 1: Vzorky určené pro AC elektrospinning

Označení vzorku	Druh zátažné pleteniny	Vazba	Vstupní materiál	Jemnost příze/fibrily/družení	Technologie předení
ZJ H42	jednolící	zátažná jednolící	bavlna	200 dtex/1x	prstencová čes. příze
Štruk H40	oboulící	štruk	bavlna	200 dtex/1x	prstencová čes. příze

Tabulka 2: Vzorky určené pro DC elektrospinning [33]

Označení vzorku	Druh zátažné pleteniny	Vazba	Vstupní materiál	Jemnost příze/fibrily/družení	Technologie předení
Vzorek 1	obouliční	milano rib	viskóza	200 dtex/2x	prstencová čes. příze
Vzorek 2	obouliční	milano rib	polyester	100 dtex/96f/2x	multifil, kadeřený
Vzorek 3	jednoliční	štruk	viskóza	200 dtex/2x	prstencová čes. příze
Vzorek 4	jednoliční	štruk	viskóza	200 dtex/1x	prstencová čes. příze
Vzorek 5	jednoliční	štruk	polyester	120 dtex/36f/1x	multifil, kadeřený
Vzorek 6	jednoliční	štruk	polyester	100 dtex/96f/1x	multifil, kadeřený

Na nosič z pleteniny byla nanášena vrstva nanovláken připravených metodou elektrospinningu. Pro zvláknování byl zvolen běžně používaný polymer PVB (polyvinylbutyral).

2.2 Experimentální určení parametrů pletenin

2.2.1 Experimentální určení hustot pletenin

Hustota pleteniny – Tuto vlastnost pleteniny můžeme při pletení snadno ovlivnit. Vyjadřuje počet vazebních prvků na jednotku délky. Měření vychází z normy ČSN EN 14971 (800868), kdy na nenapnutém vzorku pleteniny jsou očka pleteniny přepočítána na jednotku délky [m]. Hustota pleteniny je také vlastností, která ve velké míře ovlivňuje mechanické vlastnosti.

Lze stanovit:

- Hustotu řádků $H_{\check{r}}$ – počet řádků připadající na jednotku délky [$\check{r} \cdot m^{-1}$]
- Hustotu sloupků H_s – počet sloupků připadající na jednotku délky [$sl \cdot m^{-1}$]
- Hustota celková H_c je vyjádřena pomocí:

$$H_c [\text{oč} \cdot m^{-2}] = H_{\check{r}} [m^{-1}] \cdot H_s [m^{-1}] \quad (1)$$

Hodnoty hustot vzorků, které byly použity jako podkladový materiál pro zvláknění AC a DC elektrospinningem, jsou zapsány v tabulce 3 a 4. Hodnocení probíhalo na nenapnutém vzorku, který byl předem klimatizován 20 °C a 65 % relativní

vzdušné vlhkosti. Data jsou statisticky zpracována podle analýzy malých výběrů dle Horna [25].

Tabulka 3: Hustoty vzorků určené pro AC elektrospinning

Vzorek	$H_f [m^{-1}]$	$H_s [m^{-1}]$	$H_c [m^2]$
ZJ H42	1275 (1170; 1379)	1025 (920; 1129)	1 306 875
Štruk H40	925 (820; 1029)	725 (620; 829)	670 625

Tabulka 4: Hustoty vzorků použité pro DC elektrospinning [33]

Vzorek	$H_f [m^{-1}]$	$H_s [m^{-1}]$	$H_c [m^2]$
Vzorek 1	1325 (1291; 1358)	925 (891; 958)	1 225 625
Vzorek 2	1225 (1191; 1258)	1025 (991; 1058)	1 255 625
Vzorek 3	1613 (1601; 1625)	728 (699; 757)	1 174 261
Vzorek 4	1503 (1465; 1541)	656 (637; 675)	985 067
Vzorek 5	1728 (1672; 1784)	822 (803; 841)	1 421 124
Vzorek 6	1421 (1376; 1466)	914 (890; 938)	1 298 948

2.3 Metoda příprav nanovláken – AC elektrospinning

Pro přípravu nanovlákných vrstev metodou AC elektrospinningu byl použit polymer PVB a podkladové textilie připravené z prstencové 100% bavlněné česané příze v zátažné jednolící vazbě hladké a ve vazbě štruk.

Povrch studovaných vzorků pletenin byl pokryt nanovláknou vrstvou připravenou v prostorech laboratoří CXI, kde se nacházelo prototypové zvláknovací zařízení. Pletený vzorek byl upevněn na otočný válec potažený netkanou textilií, která byla vyrobena technologií spunbond. Zvláknování probíhalo z otáčející se diskové elektrody. Čerstvý polymerní roztok byl na zvláknovací elektrodu dodáván čerpadlem. Na zvláknovací elektrodu bylo přivedeno napětí o amplitudě (peek to peek) 35 kV se sinusovým průběhem signálu. Připravená vlákna byla zachytávána na kolektoru, rotujícím válci, s upevněným vzorkem pleteniny. Vzdálenost mezi zvláknovací elektrodou a kolektorem byla 160 mm a obvodová rychlost kolektoru byla nastavena na 30 m/min. Velkou výhodou tohoto způsobu výroby nanovláken je jeho vysoká produktivita.



Obrázek 19: úplety připevněné na válci během procesu zvlákňování metodou AC [33]

Zvlákňování roztoku PVB probíhalo ve zvlákňovací komoře za relativní vlhkosti vzduchu 27 %, a teplotě 20.1°C. Jako zvlákňovací napětí bylo použito střídavého sinusového signálu o amplitudě 35kV.

Produkty připravené metodou AC elektrospiningu se ukázaly jako nevhodné, protože výsledné připravené vrstvy byly nadýchané, nesouměrné a extrémně nestejněměrné (viz obrázek 22). Požadované vlastnosti pro materiály používané pro kryty ran jsou souměrnost a kompaktnost, tedy takové vlastnosti zajišťující snadnou manipulaci při aplikaci na postižené místo, ale i při distribuci ke spotřebiteli. Nevhodný charakter nanovlákněné vrstvy byl zjištěn při povlákňování lící (obrázek 20) i rubní strany pleteniny (obrázek 21). U vzorků upletených v ZJ hladké docházelo k zavinování okrajů, což významně komplikovalo manipulaci. Tento jev se vyskytoval u všech vzorků různých hustot. Z těchto výše uvedených důvodů nebyla tato metoda přípravy nanovlákněné vrstvy dále využívána.



Obrázek 20: Povlákněná lící strana ZJ



Obrázek 21: Povlákněná rubní strana ZJ



Obrázek 22: Povlákněný vzorek ve vazbě Štruk

2.4 Metoda příprav nanovláken – DC elektrospinning

K přípravě vzorků obsahující nanovlákenou vrstvu vyrobenou DC elektrospinningem byl využit stroj Nanospider NS1W500U od firmy Elmarco. Vzorky pletenin (tabulka 2) určené k povláknování byly připevněny na nosič (netkanou textilií) vstupující do stroje. Jako zvlákněvaný roztok byl použit 10% roztok PVB v etanolu. Zvláknění probíhalo za kontrolovaných podmínek shodných pro všechny povláknované vzorky. Teplota vzduchu ve zvláknovací komoře byla 19,6 °C a vlhkost 35,5 %. Vzdálenost zvláknovací elektroda – podklad a podklad – sběrná elektroda byla nastavena na 175 mm a 25 mm. Pro vytvoření nanovláken bylo použito napětí -10 kV pro sběrnou elektrodu a 40 kV pro zvláknovací, což odpovídá elektrické intenzitě 0,25 kV/mm. Rychlost převíjení podkladového materiálu byla použita 50 mm/min. Po dokončení zvláknování byl vzorek pleteniny spolu s nanovlákenou vrstvou oddělen od netkané textilie.

Po zvlákňování vzorky vykazovaly vysokou rovnoměrnost. Vrstva byla soudržná s pleteninou a snadno se s ní dalo manipulovat. Díky těmto zjištěním byly tyto vzorky použity k dalšímu vyhodnocení.

Vybrané vzorky byly nasnímány na skenovacím elektronovém mikroskopu VEGA SB Easy Probe od firmy TESCAN. Na snímcích byla provedena analýza průměrů vláken, které byly následně statisticky vyhodnoceny pomocí software nástroje QC Expert testu. Dále byl proveden test soudržnosti vrstev na MTESTQuattro® od firmy Admet. Výsledná data byla zpracována v programu Matlab.



Obrázek 23: Ukázka pleteného nosiče s vrstvou nanovláken vytvořenou DC zvlákňováním

2.4.1 Určení plošné hmotnosti vzorků po DC elektrospinningu

Plošná hmotnost – Tento parametr vyjadřuje hmotnost vzorku pleteniny na jednotku plochy, a je ho možné experimentálně stanovit dle vztahu:

$$\rho_s = \frac{m}{S} [g \cdot m^{-2}] \quad (2)$$

Měření plošné hmotnosti bylo prováděno u vzorků pleteniny s nanovrstvou vytvořenou pouze DC elektrosponingem, a bez nanovrstvy. Vzorky byly předem umístěny do klimatizovaného prostoru při 20 °C a 65% relativní vzdušné vlhkosti. Plošná hmotnost byla vypočítána dle normy ČSN EN 12127 (800849) Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků a vypočítána dle vzorce (2).

Hmotnost byla zjištěna experimentálně, a to odstřížením 10 vzorků v rozměrech 10 x 10 cm, a následným vážením na laboratorních vahách. Hodnoty byly vyhodnoceny statisticky dle Horna [25] a vloženy do tabulky (viz tabulka 5).

Tabulka 5: Plošné hmotnosti vzorků

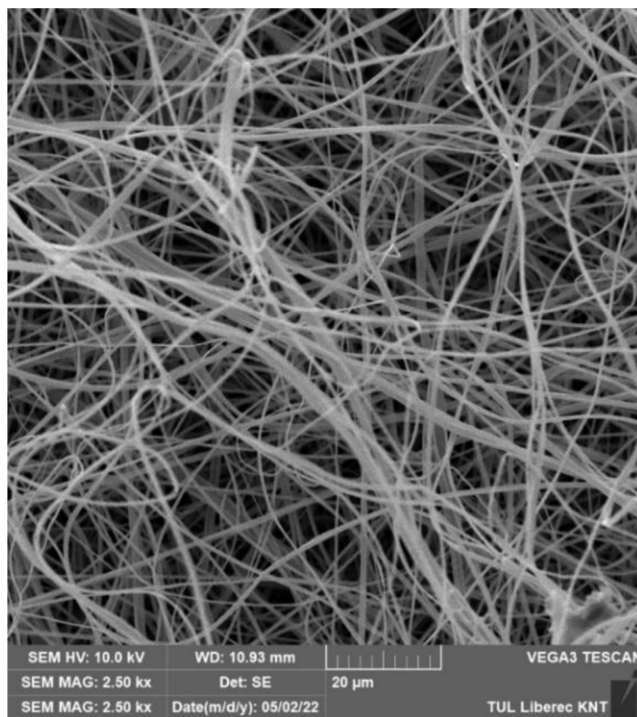
Vzorky	Plošná hmotnost [$g \cdot m^{-2}$]			Procentuální zastoupení nanovrstvy v kompozitu
	Bez nanovrstvy	S nanovrstvou	Nanovrstva	
Vzorek 1	361,65 (357,84; 365,46)	387,45 (382,71; 392,19)	25,8	6,7 %
Vzorek 2	147,31 (138,51; 156,10)	155,31 (147,16; 163,46)	8,01	5,2 %
Vzorek 3	183,3 (179,5; 187,1)	199,7 (194,4; 205)	16,4	8,2 %
Vzorek 4	77,7 (76,7; 78,7)	85,5 (84,2; 86,8)	7,8	9,1 %
Vzorek 5	72,3 (70,2; 74,4)	74,2 (71,7; 76,7)	1,9	2,7 %
Vzorek 6	61,0 (58,5; 63,5)	69,7 (68,6; 70,8)	8,7	12,5 %

Výsledky měření potvrzují předpoklad, že nanovlákněná vrstva bude ovlivňovat hmotnost jednotlivých vzorků. Přestože bylo povlákňování prováděno za shodných podmínek uvnitř zvlákňovací komory, tak nebyly připraveny vrstvy o stejné plošné hmotnosti. Rozdíly v plošné hmotnosti vzorků s nanovlákněnou vrstvou a bez ní nejsou v absolutních číslech příliš výrazné. Avšak při srovnání procentuálního zastoupení nanovlákněné vrstvy v kompozitu s pleteninou zjišťujeme, že příspěvek nanovrstvy k plošné hmotnosti takového kompozitu dosahuje až 12,5 %. Tento jev je pravděpodobně způsoben různým typem použitého podkladového materiálu.

2.4.2 Měření průměrů nanovláken

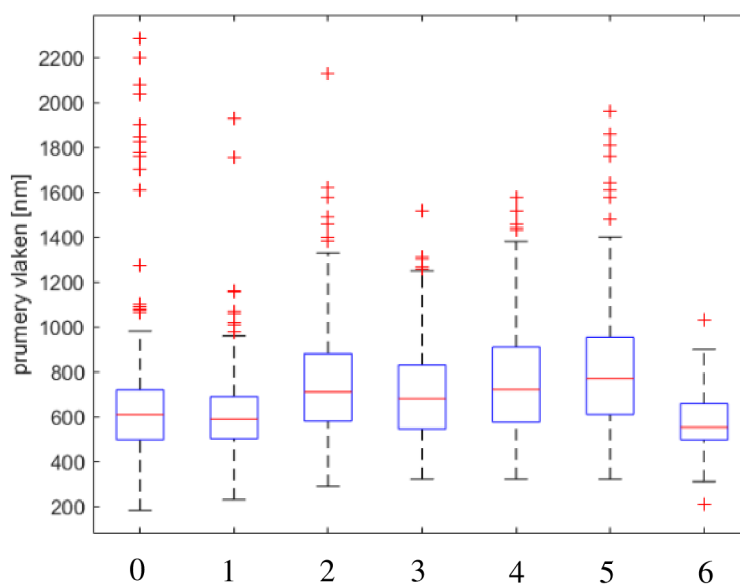
Elektronovým mikroskopem Vega3 Tescan byly pořízeny snímky pro analýzu průměrů nanovláken nanosených na povrchu pleteniny. Pro každý ze šesti vzorků bylo změřeno 300 hodnot. Hodnoty průměrů vláken byly získány ze snímků s pomocí

obrazové analýzy NisElements. Pro zjištění průměrů nanovláken neovlivněných typem podkladové pleteniny byla nasnímána i vrstva nanovláken nanosená pouze na netkanou textilií. Ze získaných dat byly vytvořeny krabicové grafy (viz obrázek 25).



Obrázek 24: Příklad nanovrstvy nasnímané na SEM

Během zpracování dat bylo sledováno, jestli přítomnost a typ pleteniny ovlivní připravovanou nanovláčennou vrstvu.



Obrázek 25: Krabicové grafy pro měřené vzorky [33]

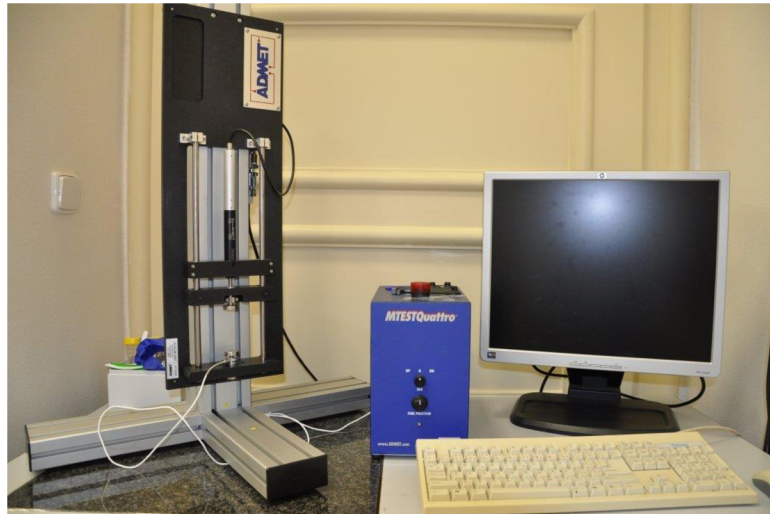
Z krabicových grafů je možno pozorovat, že vzorek 0 (nanovrstva bez pleteniny) má více odlehých hodnot, než je tomu u ostatních vzorků. Tyto vybočující hodnoty zkreslují průměrné hodnoty. Díky tomu lze předpokládat, že při povlákňování samotné netkané textilie vznikají vlákna o velice rozdílných průměrech. Hodnoty mediánů průměrů vláken u jednotlivých vzorků se pohybují v rozsahu 600–800 nm s výjimkou vzorku 6. Hodnota mediánu vzorku 6 klesla pod 600 nm, což je pravděpodobně dáno nižším počtem vybočujících měření. Lze díky tomu usuzovat, že průměry vláken budou nabývat v případě vzorku 6 významně menších hodnot. Horní a dolní kvartily u vzorků 2, 3, 4 a 5 jsou si velice blízké, což naznačuje, že i změřené průměry vláken si budou podobné.

Na základě získaných dat je možno potvrdit, že ve všech případech došlo při povlákňování podkladového materiálu ke vzniku nanovláken. Z grafického znázornění (obrázek 25) vyplývá, že typ pleteniny ovlivňuje průměry nanášených nanovláken, přesto je možno vliv faktoru ve formě typu podkladového materiálu považovat za nevýznamný s výjimkou vzorku 6, kdy vznikala nanovlákná o nižším průměru. Všechny výběry obsahují vybočující měření vláken, proto byla normalita a homogenita zamítnuta.

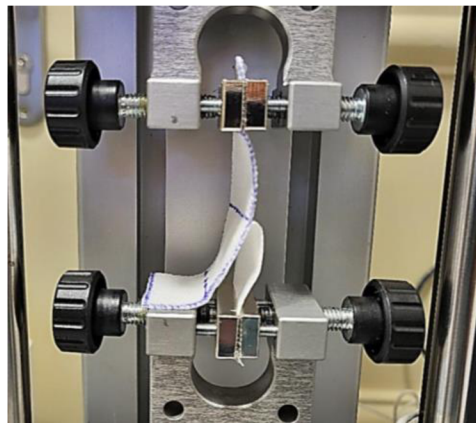
2.4.3 Přílnavost vrstvy

Pro studii výroby kožních krytů se jeví jako zásadní modelovat chování dvou vrstev při případném používání, což lze simulovat zkouškou přílnavosti neboli změnou úhlu. Touto zkouškou zjistíme potřebnou sílu k oddělení dvou vrstev za konstantní rychlosti posuvu příčnicku měřicího přístroje. K provedení tohoto testu byl využit trhací přístroj MTest Quattro od firmy Admet (obrázek 26). Pro test bylo připraveno 6 druhů pletenin viz. tabulka 2.

Každá skupina obsahovala 10 vzorků nastříhaných ve směru sloupku o velikosti 25 x 70 mm (š x v). Tyto vzorky byly následně upevněny do dvou protilehlých čelistí trhacího zařízení MTest Quattro o šířce 25 mm o upínací délce 40 mm čelisti je možno pozorovat na obrázku 27. Do horní upínací čelisti byla upevněna pletenina bez vrstvy nanovláken a do protilehlé spodní pouze nanovlákná vrstva. Maximální posun příčnicku byl nastaven na 20 mm o nejvyšší možné rychlosti 10 mm/min. Během měření bylo možno dosáhnout nejvýše síly 5 N.



Obrázek 26: stroj pro jednoosé namáhání MTESTQuattro od firmy Admet [34]

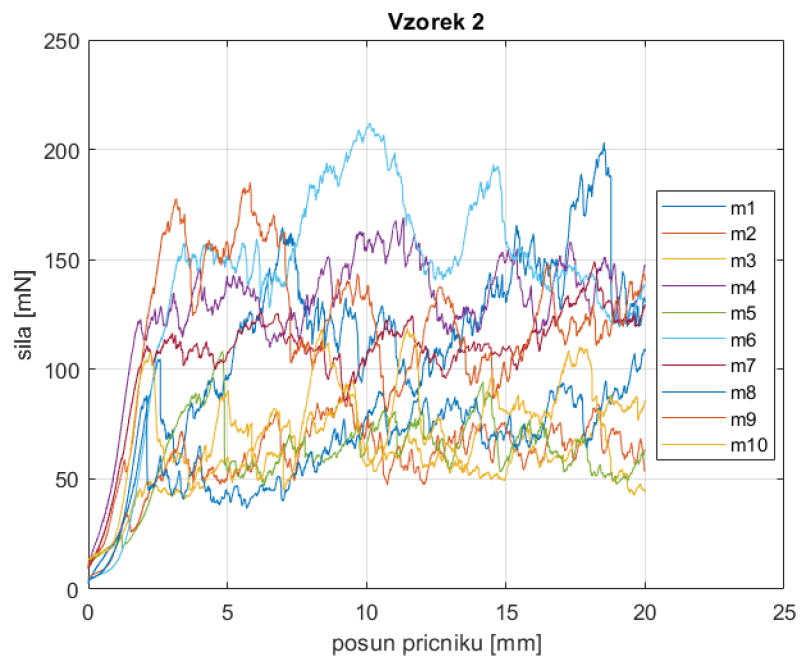


Obrázek 27: čelisti trhacího přístroje [33]

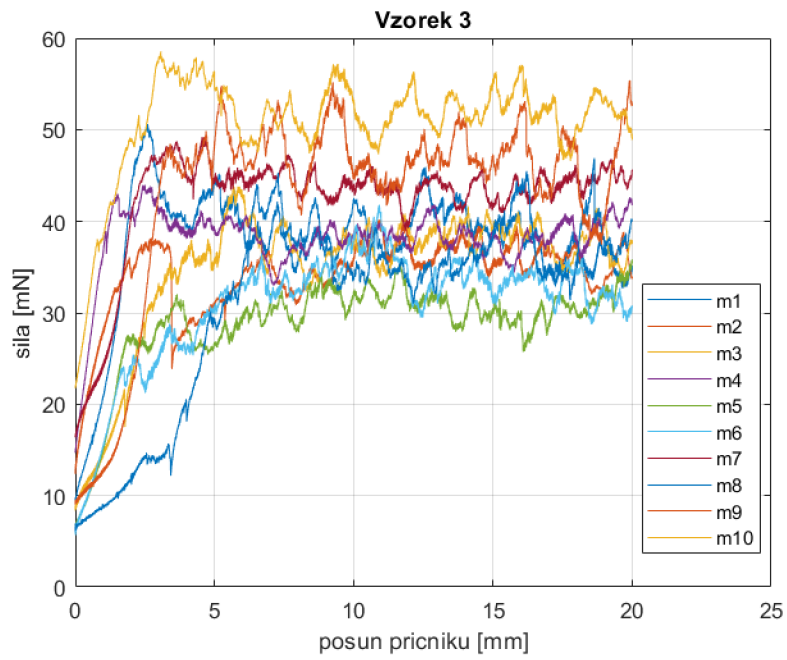
Následující grafické záznamy (obrázky 28–32) průběhů zkoušek znázorňují závislost síly [mN] potřebné k oddělení nanovlákněné vrstvy od pleteniny na posunu příčnicku [mm] pro jednotlivé vzorky.



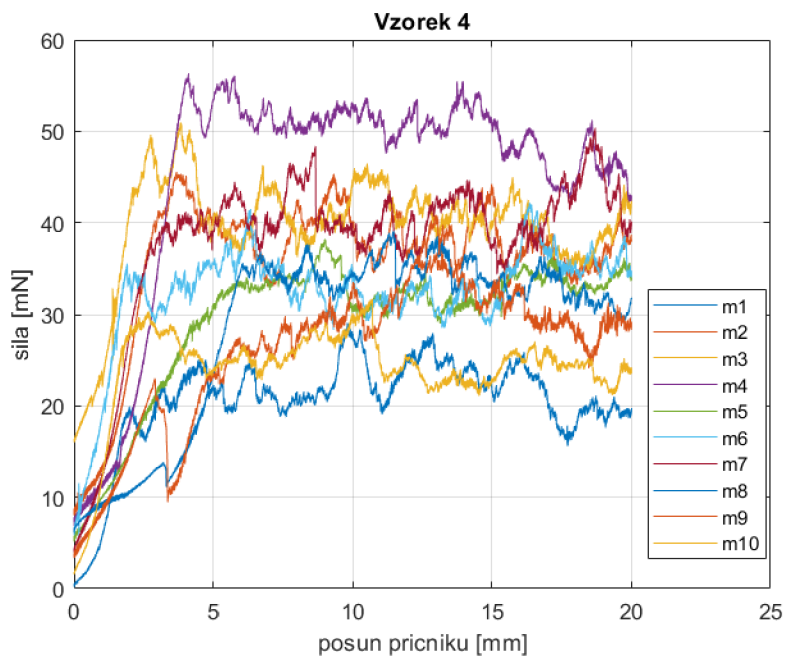
Obrázek 28: zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 1



Obrázek 29: Zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 2



Obrázek 30: Zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 3



Obrázek 31: Zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 4



Obrázek 32: Zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 5



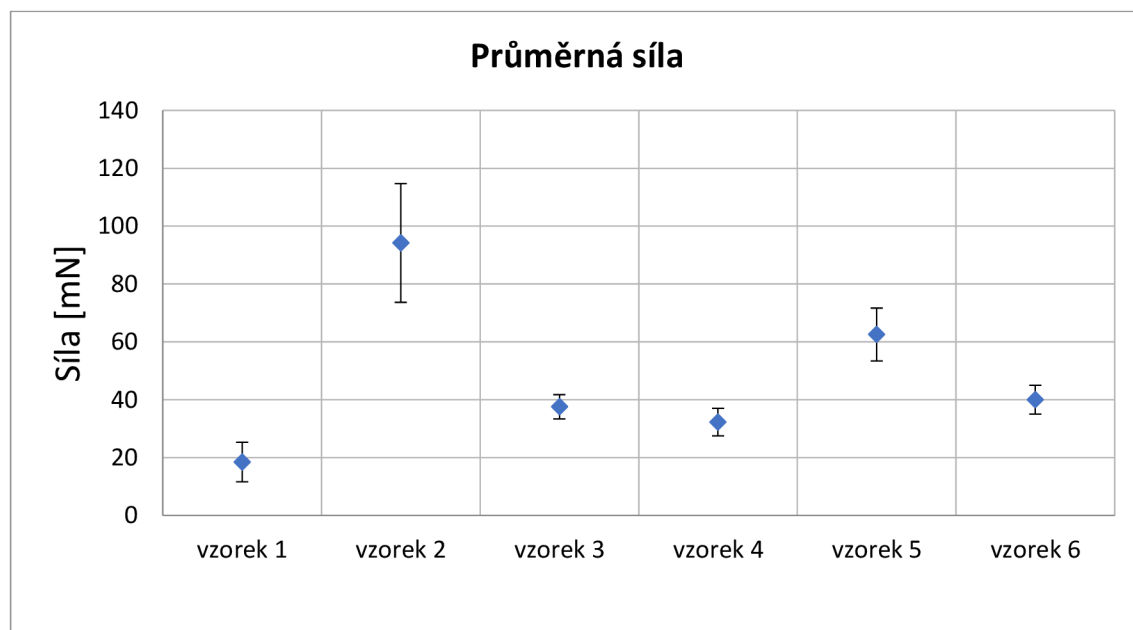
Obrázek 33: Zaznamenaná síla při posunu příčniku pro vzorek 6

Získané výsledky sil potřebných k oddělení vrstvy pleteniny a nanovrstvy zobrazují, že po překonání statického koeficientu tření klesá síla potřebná k oddělení vrstev. Z těchto záznamů sil při posunu příčniku u jednotlivých vzorků byla stanovena průměrná síla (graf 1), maximální síla (graf 2) a maximální rozpětí sil (graf 3) potřebných k oddělení vrstev.

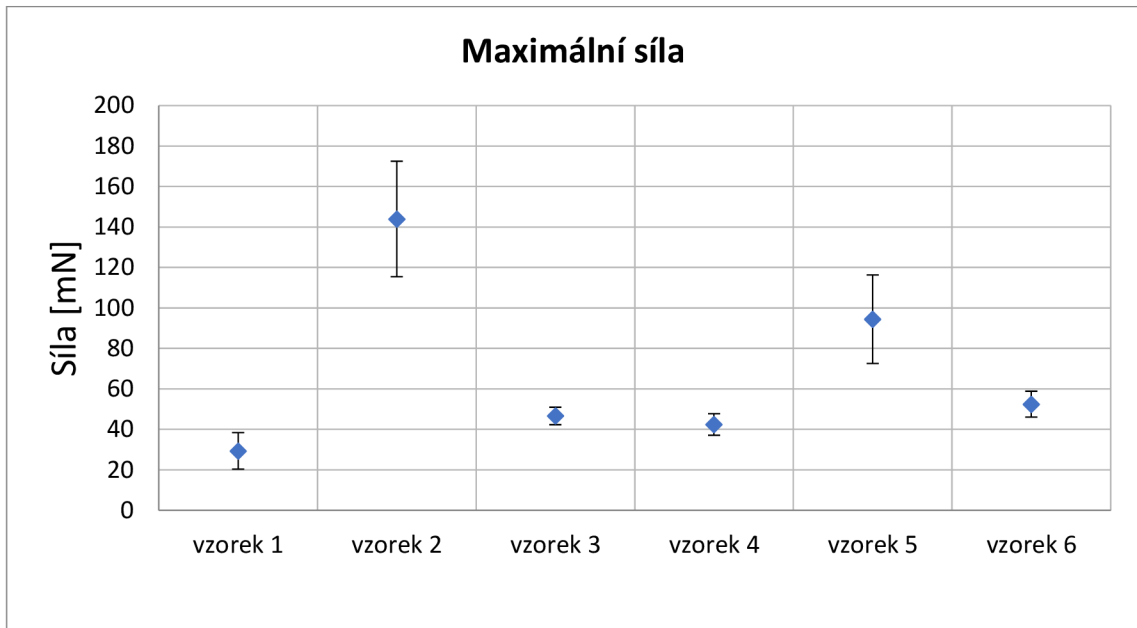
Během měření adheze prvního vzorku došlo k chybě, proto obrázek 27 pro vzorek 1 znázorňuje pouze 9 průběhů testů. Při porovnání jednotlivých výsledků je zřetelné, že největší soudržnosti vrstev dosáhl vzorek 2. Tento graf vykazuje nejvyšší hodnoty střední síly. Jedná se o oboulící pleteninu zhotovenou z polyesteru s jemnými fibrilami ve vazebném provázání Milano Rib. Naopak nejmenší soudržnost pleteniny a nanovlákněné vrstvy vykazuje vzorek 1, neboť pro oddělení byla potřeba nejmenší síla. Hodnoty velikostí sil zbývajících vzorků 3, 4 a 6 jsou si velmi podobné, z toho lze usoudit, že soudržnost vrstev je shodná.

Nejmenší chybovost vykazují měření prováděná na vzorcích 3, 4 a 6, což vypovídá o vysoké přesnosti měření a homogenitě připravených vzorků.

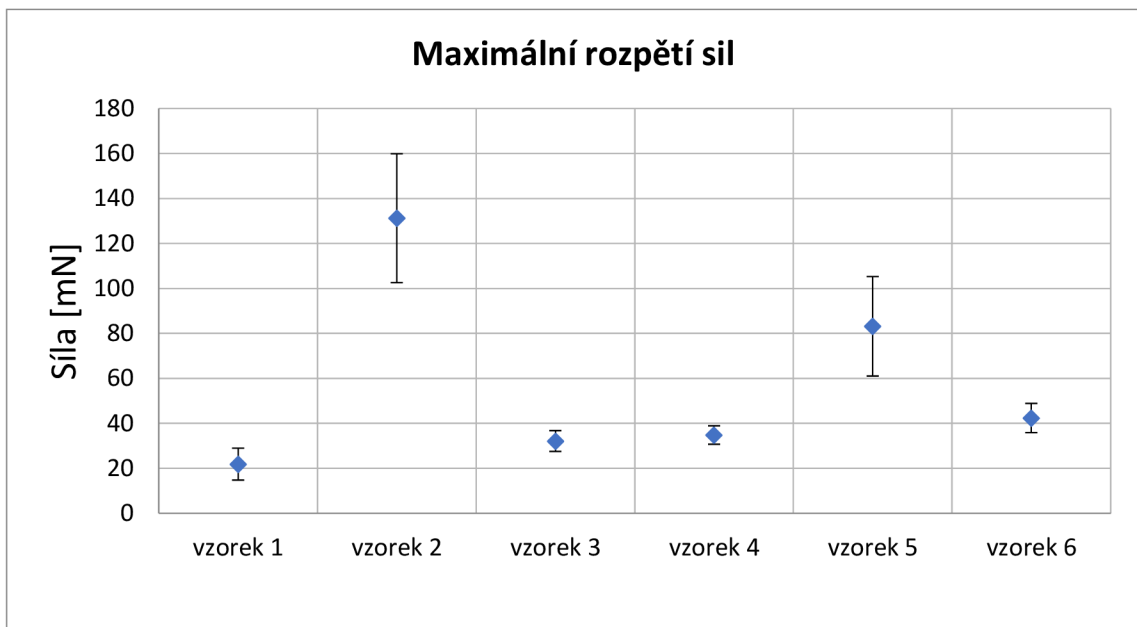
Graf 1: Průměrná síla všech vzorků



Graf 2 Maximální síla všech vzorků



Graf 3 Maximální rozpětí sil všech vzorků



2.5 Shrnutí experimentu

Na plochém pletacím stroji Shima Seiki NewSES 122FF byly připraveny vzorky pletenin, jež se vzájemně lišily hustotou oček a typem vazby. K jejich přípravě byly použity různé materiály – bavlna, polyester a viskóza, které se vzájemně lišily jemností příze, velikostí fibril a družením. Tyto nosiče byly vyrobeny technologií zátažného pletení, které umožňuje plošné a prostorové tvarování výrobků. Na upletených vzorcích byla změřena hustota pleteniny.

Po přípravě vzorků bylo dalším krokem nanosení nanovlákněné vrstvy na povrch pletenin. K vytvoření vrstvy nanovláken byly využity technologie AC i DC elektrospinningu. Pro produkci nanovlákněného materiálu sloužil 10% roztok polyvinylbutyralu (PVB). Na dvě vybrané bavlněné pleteniny (zátažná jedolící hladká a zátažná jedolící pletenina ve vazbě štruk) byla nanovláknena nanosená pouze AC elektrospinningem. Takto připravenou nanovrstvou byly v případě zátažné jedolící pleteniny pokryty obě strany (lící i rubní). Nanovrstvy připravené metodou AC elektrospinningem vykazovaly nízkou mechanickou adhezi k pletenině. Z tohoto důvodu se s nimi velmi špatně manipulovalo a následně bylo od dalšího použití AC elektrospinningu upuštěno.

Mnohem lepších vlastností bylo dosaženo u vrstev nanovláken připravených DC elektrospinningem. Takto připravené vrstvy měly dobrou adhezi k pletenině bez ohledu na použitý materiál nebo typ vazby. Na povláknečných vzorcích bylo provedeno měření plošné hmotnosti s nanovrstvou a bez ní, měření průměrů nanovláken a test přilnavosti. Získaná data byla statisticky vyhodnocena dle Hornova postupu pro malé výběry dat, zpracování bylo provedeno v softwarech QC Expert test, MTESTQuattro® a Matlab.

Závěr

Hlavním cílem této práce bylo ověřit, jestli je možné připravit kompozitní materiál (skládající se z pleteného nosiče a nanosené nanovlákněné vrstvy), který by v budoucnu mohl sloužit jako forma krytí ran. Jedná se pouze o prvotní materiálovou studii zaměřující se na strukturu podkladového materiálu a jeho vliv na vrstvu z nanovláken.

Rešeršní část práce je zaměřena na druhy chronických ran, způsoby jejich vzniku a na dostupné možnosti krytí ran. Dále jsou představeny technologie používané pro výrobu zmíněných krytí.

Metodou AC elektrospinningu byly připraveny nesouměrné a nadýchané vrstvy na površích vybraných vzorků bavlněných pletenin. Kvůli nízké soudržnosti vrstev byla tato metoda vyřazena z dalšího testování. Adheze nanovrstvy nanosené na povrchu pleteniny ve vazbě štruk byla ve srovnání s pleteninou ZJ ještě výrazně horší.

Metoda DC elektrospinnigu poskytovala mnohem kompaktnější, soudržnější a více přilnavou vrstvu. Tímto způsobem bylo pokryto šest vzorků pletenin, na kterých byly následně změřeny parametry připravených kompozitů.

Měření plošné hmotnosti poskytlo informace o hmotnostním příspěvku nanovrstvy. Přestože byla příprava nanovlákněných vrstev prováděna za stejných podmínek uvnitř zvláknovací komory, nebylo možno vytvořit na všech vzorcích vrstvu se stejnými parametry. V případě vzorku 6 dosahoval až 12,5 % z celkové plošné hmotnosti. Výkon procesu tvorby nanovláken je zásadně ovlivněn různým chováním použitého podkladového materiálu uvnitř elektrického pole. Souvislost mezi typem podkladového materiálu a množstvím nanoseného PVB nebyla zjištěna.

Ze získaných dat průměrů nanovláken výrazně vybočoval vzorek 0 (nanovrstva nanosená na netkanou textilií). V případě tohoto vzorku vznikala nanovlákněná velmi rozdílných průměrů, což bylo pravděpodobně způsobeno výrazně odlišnými elektrickými vlastnostmi tohoto podkladového materiálu. Hodnoty mediánů s výjimkou vzorku 6 se pohybovaly v rozsahu 600-800 nm, tedy průměry vláken se sobě blíží. Dle dat jsou průměry vláken nanosených na vzorku 6 výrazně nižší než v ostatních případech. Z těchto důvodů je možno tvrdit, že typ pleteniny (druh materiálu a použitá vazba) ovlivňuje průměry nanášených nanovláken.

Z výsledků měření sil potřebných k oddělení vrstev vyplývá, že po překonání statického tření klesá síla potřebná k pokračujícímu oddělování vrstev. Z dat vyplývá, že

největší soudržnost vrstev vykazoval vzorek 2, tedy polyesterová pletenina ve vazbě Milano Rib. Naopak nejmenší soudržnost pleteniny a nanovlákné vrstvy vykazuje vzorek 1, viskóza ve vazbě Milano Rib. Rozdíly v soudržnosti vrstev vzorků 3, 4, 5 a 6 jsou statisticky nevýznamné. Soudržnost vrstev je dána jemností příze, druhem použitého materiálu a také typem vazby.

V budoucnu by jistě bylo žádoucí pokračovat ve vývoji krytí ran a zaměřit se například pouze na jeden typ vazby připravený z různých druhů materiálů a důkladně prostudovat působení těchto vlivů na velikost průměrů připravených nanovláken a na soudržnost vrstev. Adhezi by bylo možno ovlivnit i například použitím kalandru nebo dále studovat sorpční vlastnosti takových materiálů.

Zdroje

- [1] JANÍKOVÁ, Eva a Renáta ZELENÍKOVÁ. *Ošetrovatelská péče v chirurgii: pro bakalářské a magisterské studium*. Praha: Grada, 2013. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4412-4.
- [2] STRYJA, Jan, P. KRAWCZYK, M. HÁJEK a F. JALŮVKA, 2016. *Repetitorium hojení ran 2. 2. vydání*. Semily: Geum, 380 s. ISBN 978-80-87969-18-2.
- [3] PRNKA, Tasilo a Karel ŠPERLINK. *Šestý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. Ostrava: Repronis, 2004. ISBN isbn80-7329-070-7.
- [4] HARTMANN HARTMANN Česká republika. *Home*[online]. Copyright © 2021 [cit. 06.10.2021]. Dostupné z: <https://www.hartmann.info/cs-CZ/>
- [5] Alginátové krytí z řas Sorbalgon | LékárnaHARTMANN. *Zdravotnické potřeby a kosmetika | LékárnaHARTMANN* [online]. Copyright © HARTMANN [cit. 06.10.2021]. Dostupné z: <https://www.lekarnahartmann.cz/sorbalgon>
- [6] Interaktivní obvazy | Obvazový a krycí materiál | Široká veřejnost – Hojení ran. *Hojení ran - Široká veřejnost* [online]. Copyright © 2021 [cit. 7.10.2021]. Dostupné z: <https://www.hojeni-ran.cz/interaktivni-obvazy>
- [7] Produkty. *ConvaTec je světovým výrobcem zdravotnických pomůcek*. [online]. Copyright © 2021 ConvaTec Inc. [cit. 10.10.2021]. Dostupné z: <https://www.convatec.cz/produkty/>
- [8] HLINKOVÁ, Edita, Jana NEMCOVÁ a Edward HULO. *Management chronických ran*. Praha: Grada Publishing, 2019. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-0620-2.
- [9] [online]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/o-spolecnosti/casopis-komfort/komfort-4-2004/26843/fakta-o-dekubitech>

[10] Diabetická noha může být zákeřnou komplikací diabetu | O cukrovce. O cukrovce | Články o cukrovce a novinkách ze světa diabetu. [online]. Copyright © 2022 ocukrovce.cz. Coding [cit. 22.11.2022]. Dostupné z: <https://ocukrovce.cz/komplikaci-pri-diabetu-je-zakerna-diabeticka-noha/>

[11] TUMAJER, Petr, Martin BÍLEK a Josef DVOŘÁK. *Základy tkání a tkací stroje*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-215-0.

[12] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2.

[13] RŮŽIČKOVÁ, Jana. *Elektrostatické zvlákňování nanovláken*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-867-1.

[14] KOŠŤÁKOVÁ, E.: *Parametry ovlivňující proces elektrostatického zvlákňování*, 2. přednáška, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2013

[15] Nanopharma- Technologie [online]. Copyright © 2022 nanopharma. Všechna práva vyhrazena. Realizace [cit. 30.09.2021]. Dostupné z: <https://www.nanopharma.cz/cs/produkty-a-technologie/technologie>

[16] COLLTEC, dostupné z WWW: http://www.colltec.de/Home_english/home_english.html, [citace 20. 11. 2022]

[17] MARK, JAMES, E.: *Polymer data handbook*, Oxford University Press, New York 2009

[18] KOVÁŘ, Radko. *Pletení*. Vydání třetí. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra textilních struktur, 2005. ISBN 80-7083-812-4.

[19] HAVLOVÁ, Marie a Hana PAŘILOVÁ. *Typologie pletenin: názvoslovný katalog*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7372-940-0.

[20] Leong, K. H., Falzon, P. J., Bannister, M. K. and Herszberg, I. 1998. "An Investigation of the Mechanical Performance of Weft-Knitted Milano Rib Glass/Epoxy Composites," *Comp. Sci. & Tech.*, Vol. 52, pp. 239–251.

[21] Nano, biomateriály. [online]. Dostupné z: <https://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/nanobiomaterialy.html>

[22] NS Technologie | Elmarco CZ. Technologie Nanospider™ | Elmarco CZ [online]. Dostupné z: <https://www.elmarco.cz/ns-technologie>

[23] PIRJO HEIKKILA, AULI SIPILA, MINNA PELTOLA, ALI HARLIN: Electrospun PA-66 Coating on Textile Surfaces. Textile Research Journal, Nov 2007.

[24] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. V Liberci: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-676-8.

[25] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Statistická analýza experimentálních dat*. Vyd. 2., upr. a rozš. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1254-0.

[26] HLINKOVÁ, Edita, Jana NEMCOVÁ a Edward HULO. *Management chronických ran*. Praha: Grada Publishing, 2019. Sestra. ISBN 978-80-271-0620-2.

[27] Hasnain, M. S., Nayak, A. K., & Alkahtani, S. (2022). *Polymeric and natural composites materials, manufacturing and biomedical applications*. Springer International Publishing.

[28] Sah, M. K., Kasoju, N., & Mano João F. (2022). *Natural polymers in wound healing and repair: From basic concepts to emerging trends*. Elsevier.

[29] Hojení s hyaluronanem - aktivnihojeni.cz. Hojení s hyaluronanem - aktivnihojeni.cz [online]. Copyright © 2017 Contipro a.s.. All Rights Reserved. [cit. 06.02.2023]. Dostupné z: <https://www.aktivnihojeni.cz/>

[30] KOČÍ, V.: Vazby pletenin, SNTL 1980.

[31] PIRJO HEIKKILA, AULI SIPILA, MINNA PELTOLA, ALI HARLIN: Electrospun PA-66 Coating on Textile Surfaces. Textile Research Journal, Nov 2007.

[32] Knighton DR, Ciresi KF, Fiegel VD, Austin LL, Butler EL. Classification and treatment of chronic nonhealing wounds. Successful treatment with autologous platelet-derived wound healing factors (PDWHF). *Ann Surg.* 1986 Sep;204(3):322-30. doi: 10.1097/00000658-198609000-00011. PMID: 3753059; PMCID: PMC1251286.

[33] ORNSTOVÁ, Jana. Hybridní 3D krytí kožních ran – tvorba plošné hybridní struktury. Liberec, 2023. Roční zpráva o řešení studentského projektu. Technická univerzita Liberec, Fakulta textilní.

[34] MTESTQuattro | Ft.Tul.cz. Víťame Vás na stránkách Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci | Ft.Tul.cz [online]. Dostupné z: <https://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-technologie-a-struktur-laboratore/mtestquattro>

[35] VENKATRAMAN, Prabhuraj D. Application of knitted fabrics in medical textiles. In: *Advanced Knitting Technology* [online]. Elsevier, 2022, 2022, s. 471-502 [cit. 2023-05-28]. ISBN 9780323855341. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-85534-1.00004-0

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dekubit [9]	11
Obrázek 2: Diabetická noha [10]	12
Obrázek 3: Bércové vředy [9]	12
Obrázek 4: Dělení vlhkého krytí podle druhu rány [9]	14
Obrázek 5: Gázová komprese	19
Obrázek 6: Sanatyl 20	19
Obrázek 7: Adhezivní krytí FoamLite 15 cm x 15 cm	20
Obrázek 8: Neadhezivní krytí Aquacel Foam 20 cm x 20 cm	20
Obrázek 9: Aquacel Ag+ Extra neadhezivní pro ránu o rozměrech 15 cm x 15 cm.....	21
Obrázek 10: Zátěžná a osnovní pletenina [18].....	23
Obrázek 11: příklady osnovních pletenin používaných pro krytí ran, a) řetízek v kombinaci s vazbou chytovou sráženou, b) trikot – otevřený, c) dvojitá osnovní jednolící pletenina – trikot uzavřený kladený protisměrně [35]	23
Obrázek 12: příklad zátěžné pleteniny používané pro krytí ran s vkládanou přízí – zátěžná jednolící výplňková pletenina[35]	23
Obrázek 13: Zápis vazby štruk patronou VÚP	25
Obrázek 14: provázání vazby štruk.....	25
Obrázek 15: Zápis vazby Milano Rib patronou VÚP	26
Obrázek 16: provázání vazby Milano Rib	27
Obrázek 17: Hierarchická struktura vlasu [21]	28
Obrázek 18: Princip elektrostatického zvlákňování [15]	28
Obrázek 19: úplety připevněné na válci během procesu zvlákňování metodou AC [33]	35
Obrázek 20: Povlákněná lící strana ZJ.....	36
Obrázek 21: Povlákněná rubní strana ZJ	36
Obrázek 22: Povlákněný vzorek ve vazbě Štruk	37
Obrázek 23: Ukázka pleteného nosiče s vrstvou nanovláken vytvořenou DC zvlákňováním	38
Obrázek 24: Příklad nanovrstvy nasnímané na SEM.....	40
Obrázek 25: Krabicové grafy pro měřené vzorky [33]	40
Obrázek 26: stroj pro jednoosé namáhání MTESTQuattro od firmy Admet [34]	42
Obrázek 27: čelisti trhacího přístroje [33]	42
Obrázek 28: zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 1	43
Obrázek 29: Zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 2.....	43
Obrázek 30: Zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 3	44
Obrázek 31: Zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 4.....	44
Obrázek 32: Zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 5.....	45
Obrázek 33: Zaznamenaná síla při posunu příčnicku pro vzorek 6.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vzorky určené pro AC elektrospinning	32
Tabulka 2: Vzorky určené pro DC elektrospinning [33]	33
Tabulka 3: Hustoty vzorků určené pro AC elektrospinning	34
Tabulka 4: Hustoty vzorků použité pro DC elektrospinning [33]	34
Tabulka 5: Plošné hmotnosti vzorků.....	39

Seznam grafů

Graf 1: Průměrná síla všech vzorků	46
Graf 2 Maximální síla všech vzorků	47
Graf 3 Maximální rozpětí sil všech vzorků.....	47