

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



**STANOVENÍ POŽADOVANÝCH VLASTNOSTÍ
GRANULÁRNÍCH MATERIÁLŮ PROCESNÍCH
PARAMETRŮ ZAŘÍZENÍ PRO JEJICH VNÁŠENÍ DO
STRUKTURY TEXTILIE**

DETERMINATION REQUIRED MATERIALS PROPERTIES OF GRANULAR
MATERIALS PROCESS PARAMETERS FACILITIES FOR THEIR BEING
BROUGHT INTO TEXTILE STRUCTURE

LIBEREC 2013

VERONIKA VOŽENÍLKOVÁ

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, 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 (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Liberci, dne 27. května 2013

.....
Voženílková Veronika

Poděkování

Za pomoc při zpracování bakalářské práce bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Bc. Ing. Ondřeji Novákovi Ph.D, za jeho čas, věnování se dané problematice a aktivní spolupráci na řešení vzniklých situací. Ing. Denise Zálešákové za pomoc v laboratorním prostředí. Ing. Jiřímu Chvojkovi Ph.D. za vysvětlení principů práce s laboratorními zařízeními v počátcích výzkumu. Filipu Sanetrníkovi za sestavení laboratorního zařízení nezbytného pro experiment a za pomoc při řešení vzniklých technických problému v poloprovozní laboratoři.

Závěrem bych ráda poděkovala svým spolužákům za pomoc a zajímavé nápady při návrhu alternativních řešení dané problematiky a svému příteli za podporu během studia.

Anotace

Tato bakalářská práce je zadána jako výzkum nového materiálu určeného pro krytí pooperačních ran. Jedná se o aplikaci jemného keramického prášku do struktury netkané textilie za využití ultrazvuku.

Teoretická část je zaměřena na popis stávajícího materiálu a jeho parametrů. Dále jsou zde definovány jednotlivé použité komponenty finálního výrobku.

V praktické části je popsán průběh experimentu, a to i s nevydařenými experimenty, podání vysvětlení jejich vhodnosti a zařízení, která byla pro práci použita. Jsou stanoveny námi zjištěné neoptimálnější řešení a technické parametry výrobního procesu.

Na závěr práce je podáno pár teoretických návrhů, jak by se dal technicky výrobek zhotovit pomocí jiných technologií.

Klíčová slova : Zeolit, Ultrazvuk, Sonotroda, Frakce

Annotation

This bachelor's thesis deals with researching new medicinal material used for covering post-operative wounds. The experiment involves the application of fine ceramic powder inside the structure of a non-woven fabric using ultrasound. The theoretical part of this work focuses on describing the current material and its parameters. Subsequently the individual components used in the final products are defined.

In the practical part, the course of the experiment is described, including failed experiments, an explanation of their suitability and of the devices used in the experiment. Moreover in the failed experiments an explanation is submitted why they didn't meet the specified requirements. Our most optimal solution and the technical parameters of the manufacturing process are determined.

At the end of this thesis, several theoretical proposals are given as to how the product could be technically manufactured using different technologies.

Key words: Zeolite, Ultrasound, Sonotrode, Fraction

Obsah

Seznam tabulek.....	7
Seznam grafů.....	8
Seznam obrázků.....	8
1. Úvod.....	9
2. Cíl práce.....	9
3. Rešerše kryty ran.....	10
3.1 Historický přehled –teorie ran.....	10
3.2 Rozdělení ran jejich dle typu.....	11
3.3 Moderní řešení krytí ran	12
3.3.1 Krycí materiál WoudEx.....	12
3.3.2 Nanovláknenné materiály s kontrolovaným uvolňováním léčiv.....	12
3.3.3. Léčba ran kontrolovaným podtlakem.....	12
3.3.4 Pěnové krytí ran se silikonovou adhezivní plochou	13
3.3.5 Hydrokoloidy.....	13
3.3.6 Hydrogely.....	13
3.3.7 Mokrý terapie	13
3.3.8 Polyuretany.....	14
3.3.9 Algináty.....	14
4. Popis jednotlivých komponent vybraného výrobku.....	14
4.1 Zeolit.....	14
4.2 Jód	15
4.3 Obalová vrstva materiálu – foliovaná netkaná textilie.....	16
5. Návrh struktury nového výrobku a postupu jeho výroby.....	18
5.1 Popis zařízení nutných pro realizaci výrobku.....	19
5.1.1 Ultrazvukový generátor.....	18
5.1.2 Ultrazvukové zařízení sonotroda	20
5.1.3 Mlýny	21
Praktická část	24
Plán a cíl experimentu.....	24
Fáze experimentu.....	25

6.1. Příprava materiálu na aplikaci ultrazvukem - mletí zeolitu	25
6.1.1 Kulový mlýnek.....	25
6.1.2 Kávový mlýnek.....	26
6.1.3 Tříštivý laboratorní mlýn.....	26
6.1.4 Diskuze vhodného mlecího zařízení	27
6.2 Experimentální stanovení vhodné frakce zeolitu	28
6.2.1 Postup stanovení vhodné frakce	28
6.2.2 Diskuze ke stanovení vhodné frakce zeolitu	32
6.2.3 Recyklace prášku – opakované použití pro aplikaci ultrazvuku.....	33
6.3 Stanovení hlavních parametrů výrobního procesu.....	33
6.3.1 Poloprovozní zařízení pro aplikaci prášku.....	34
6.3.2 Stanovení úhlu sklonu sonotrody.....	36
6.3.3 Štěrbina mezi sonotrodou a NT.....	37
6.3.4 Stanovení vhodného nastavení stroje - kombinace nejvýhodnějších možností a diskuze jejich výsledků a jejich diskuzi.....	37
6.3.5 Dokončovací modifikace procesu:	40
7. Alternativní možnosti výrobního postupu – teoretické.....	42
7.1 Aplikace podsávání nosného materiálu.....	42
7.2 Tvorba struktury „bublíkové folie“	43
7.3 Zmenšení rozměru původního výrobku	44
Závěr práce.....	45
Literatura.....	48
 Seznam tabulek	
Tab. 1 Efektivita zachytu frakce 0,6 - 0,4 [mm].....	30
Tab. 2 Efektivita zachytu frakce 0,4 - 0,25 [mm].....	30
Tab. 3 Efektivita zachytu frakce 0,25 – 0,2 [mm].....	31
Tab. 4 Efektivita zachytu frakce 0,2 - < mm [mm].....	31
Tab. 5 efektivita zachytu zeolitu na výkonnějším 2kW UZ.....	34
Tab. 6 stanovení vhodnosti úhlu pro danou frakci.....	36

Seznam grafů

Graf 1 Efektivita mletí zeolitu v závislosti na počtu přemletí	27
Graf 2 změna frakce po průchodu sonotrodou	33

Seznam obrázků

Obr. 1 Současný krycí materiál	10
Obr. 2 Chemická struktura zeolitu.....	15
Obr. 3 Chemický vzorec jodového povidonu.....	16
Obr. 4 Chemický vzorec polyvinylpyrolidonu.....	16
Obr. 5 Laboratorní sonotroda.....	21
Obr. 6 Poloprovozní zařízení.....	35
Obr. 7 Laboratorní zdroj	35
Obr. 8 Záchyt zeolitu 0,2-0,125mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina.....	38
Obr. 9 Záchyt zeolitu 0,2-0,125mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina, přídavné odsávání.....	38
Obr. 10 Záchyt zeolitu 0,125-0,09mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina.....	39
Obr. 11 záchyt zeolitu 0,125-0,09mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina, přídavné odsávání.....	39
Obr. 12 Alternativní řešení horkým roštem.....	43
Obr. 13 Návrh mřížového vyhřívaného kalandru.....	44
Obr. 14 Schéma výroby NT technologií spunbond	17
Obr. 15 Schéma výroby NT technologií meltblown.....	18
Obr. 16 Náklon sonotrody.....	37
Obr. 17 Řešení pomocí horkého plechu.....	45
Obr. 18 Scéma vyhřívaného extrudéru	23
Obr. 19 Schéma kulového mlýnu	22
Obr. 20 Prosycení struktury zeolitem.....	42

1. Úvod

Bakalářská práce je sepsána na základě zadání firmy BATIST Medical a.s. .

Firma se na textilní fakultu obrátila ve věci výzkumu nového materiálu sloužícího pro kryty pooperačních ran. Zkoumaný materiál by měl doplnit řadu stávajícího výrobku obchodně označeného WoundEx (Patent č.: EP 1 652 536 b1 Patent). Firma přišla s požadavkem, zlepšit dělitelnost výrobku na menší části. Jako způsob výroby byla určena aplikace mletého zeolitového prášku do struktury netkané textilie pomocí ultrazvuku. Fáze experimentu jsou popsány v praktické části. Proces je rozdělen do dílčích sekcí zabývajících se přípravou keramického prášku, zkoumáním vhodné frakce zeolitu a nastavením výrobních parametrů tak, aby výsledný produkt měl co nejlepší parametry. V závěru práce budou výsledky experimentů zhodnoceny a posouzena jejich vhodnost.

2. Cíl práce

Práce je zaměřena na výzkum nového materiálu pro zdravotnictví, konkrétně pro krytí ran. Stávající výrobek nespĺňuje určitá kritéria, zejména co se týče použití finálního výrobku. Ten se z důvodu své konstrukce nedá rozměrově upravit a při porušení obalové vrstvy dojde k jeho znehodnocení. V případě, že by došlo k protržení výrobku, může být ohroženo zdraví pacienta tím, že by vysypávající se keramické kuličky napuštěné jódem mohly dráždit či zanítit citlivou hojící se ránu.

Stávající výrobek je konstruován jako jakási kapsa o velikosti 40x60 mm, ve které je nasypán savý materiál v podobě zeolitových (keramických) kuliček o průměru 1,5 mm (Obr. 1).

Kuličky jsou opatřeny jódem pro maximalizaci efektu potlačení infekce a sterilizaci rány. Poškozením obalové vrstvy, která je tvořena netkanou textilií potaženou perforovanou PE folií, dojde k vysypání kuliček a tím ke znehodnocení výrobku. To představuje nejen ekonomickou nevýhodu, nepříjemné komplikace pro pacienta, ale zejména sníženou flexibilitu využití výrobku pro jeho nemožnost rozměrové korekce.

Zaměření na inovaci stávajícího materiálu je právě požadavkem možnosti rozměrové korekce materiálu se zachováním vysokého komfortu používání pacientem. Práce se zabývá přípravou keramického materiálu - rozemletím keramických zeolitových kuliček na jemný prášek, který je pomocí ultrazvukových vln zakomponován do struktury netkané textilie. Materiál použitý pro experimenty je již od výrobce opatřen z jedné

strany perforovanou PE folií, která zaručí, že se výrobek nepřilepí k ráně pacienta a při jeho výměně nedojde k poškození kůže. Po průchodu netkané textilie s nanesenou vrstvou prášku sonotrodou má výrobce v plánu zeolit ve struktuře fixovat pomocí další folie - tato část není součástí zkoumání bakalářské práce. V práci budou definovány různé nastavitelné parametry stroje, kde bude vždy zařazeno jejich zhodnocení a nadále se bude pracovat z nejlepšími dosaženými hodnotami. Výrobce poskytnuté zeolitové kuličky nejsou napuštěny jódem.

V závěru práce budou vyhodnoceny a shrnuty výsledky měření a posouzena vhodnost zadaného způsobu zpracování, popřípadě budou navržena alternativní řešení výroby.

V závěru bude i zhodnocena ekonomická výhodnost výrobního procesu.



Obr. 1 současný krycí materiál

Rešerše kryty ran

3.1 Historický přehled

Již v dávné minulosti bylo ranhojičství a léčitelství předmětem zájmu všech kultur a národů. Mnohé neshody, boje a války si vyžádaly mnoho zraněných, které bylo třeba léčit. Docházelo k velké úmrtnosti v následku sepse rány. Jediným východiskem bylo končetinu amputovat. Šlo o jednodušší metodu než se snažit postiženou končetinu zachránit. Rána se vydesinfikovala pouze opláchnutím vodou, nebo vypálením, které zároveň zajistilo i zastavení krvácení rány. To bylo pro pacienta velmi bolestivé a ve většině případů umíral na následky silného šoku. Zanícené rány se oplachovaly výluhy z bylin, nejčastěji šalvěje a zlatobýlu (který se pro své účinky používá k oplachování zanícených ran dodnes). Pro krytí se používalo sukno (tkanina se zplstěným povrchem) a později plátno. Jako hojivé masti či balzámy byli používány převážně kaše

z rozemletých bylin, šťávy nebo celé kusy různých rostlin (aloe vera), silné odvary a vyluhy, či bylinné balzámy připravené z mercerace bylin ve zvířecím tuku.

Dlouhá staletí se používala jako desinfekce směs medu a pryskyřice. S tímto vynálezem přišli Egypťané, mistři v přírodní medicíně a balzamování. Objev zpracování bavlny přinesl nový pohled na krytí ran. Na svět přišla nová myšlenka, aby krytí z rány odsávalo sekrety a ne ji pouze přikrylo a zamezilo tím vniknutí nežádoucích předmětů. Revoluci v pohledu na hojení ran přinesl objev na začátku 60. let minulého století. Objev vlhkého krytí, který je nepřekonatelný a dodnes na jeho principu spočívá většina moderních principů léčby ran [16] .

„Vlhké hojení ran je moderní metoda ošetřování akutních a chronických ran. Již v 60. letech 20. století bylo prokázáno, že rána, která se hojí ve vlhkém prostředí, má až o 40 procent kratší dobu hojení ve srovnání s krytím suchým obvazem. Tekutina, kterou rána vylučuje, obsahuje řadu růstových faktorů a výživných látek, které přispívají k úspěšnému hojení. Moderní materiály užívané k ošetřování ran jsou uzpůsobeny k tomu, aby v ráně vlhké prostředí udržovaly“ [17]. Mimo již zavedené přípravky je současně vyvíjeno mnoho vylepšení například bioaktivní obvazy. Kromě toho, že dodávají ráně vlhkost, mají i schopnost chemicky vázat kyslíkové radikály vznikající při zánětlivých procesech, čímž zabraňují jejich negativnímu působení v místě poranění.

3.2 Rozdělení ran jejich dle typu - teorie ran

Rána je porušení souvislosti kůže, sliznice nebo povrchu orgánu. Dle hloubky poškození rozlišujeme rány povrchové, kde je poškozena jen kůže/sliznice nebo podkožní /podslizniční vazivo a na rány hluboké kdy jsou zasaženy hlubší struktury jako nervové cévní svazky, šlachy atd..

Dle přítomnosti choroboplodných zárodků se rány dělí na čisté (aseptické), infikované (septické) u kterých rozlišujeme primární (infekce vnikla do rány při jejím vzniku) a sekundární infekci (choroboplodné zárodky se dostali do rány v průběhu hojení).

Dle rozsahu rány, množství poškozené tkáně a případné přítomnosti infekce lze rozlišit dva základní typy hojení. Při primárním hojení dochází k rychlému zhojení a s minimálním projevem zánětu. Rozsáhlejší, otevřené či infikované rány s většími tkáňovými defekty se hojí sekundárně [26].

Rány rozdělujeme označujeme jako chronické a akutní.

„Jako chronickou ránu označujeme sekundárně se hojící ránu, která i přes adekvátní terapii nevykazuje po dobu 6–9 týdnů tendenci k hojení. Mezi chronické rány patří:

bércové vředy, dekubity (proleženiny), diabetická noha, kožní defekty u onkologických pacientů, pooperační rány.

Akutní rána je rána, která se hojí primárně do 6 týdnů. Jsou to různá poranění od malých odřenin až po destrukci části těla. Jejich příčinou je nejčastěji úraz, případně chirurgický zákrok. Mezi akutní rány lze zařadit: odřenininy, pooperační rány, popáleniny, tržné a řezné rány“ [26].

3.3 Moderní řešení krytí ran

3.3.1 Krycí materiál WoudEx

Výrobek je určen k širokému spektru použití v oblasti moderních technologií hojení ran. Díky zakomponované patentované látce zeolit, dojde k minimalizaci vzniku infekce v ráně v důsledku přemnožení bakterií. Výrobek obsahuje zeolitové kuličky napuštěné jódem. Prodyšná povrchová vrstva textilie zaručuje výbornou kombinaci absorpčních, buněčně stimulujících, hemostatických a antibakteriálních vlastností výrobku. Silné povrchové napětí zeolit-jodového komplexu stimuluje tvorbu kapilár a granulační tkáň [19].

3.3.2 Nanovláknenné materiály s kontrolovaným uvolňováním léčiv

Mezi novinky v oblasti péče o hojící se ránu, zejména o popáleniny, patří krytí vyvinuté výzkumným týmem mikrobiologa, profesora Leona Dickse. Obsahuje velké množství antimikrobiálních peptidů, které mají schopnost léčit širokou škálu bakterií. Léčebná látka je vázána na strukturu nanovláknna a z něj je kontrolovaně uvolňována. Výhoda tohoto materiálu spočívá právě v konstrukci s kontrolovaným uvolňováním léčiv. Výrobek vyžaduje výměnu pouze jednou týdně. Procesem vývoje je biodegradabilní forma tohoto výrobku, která se postupně vstřebává a tím se stává součástí pacientovy nové kůže. Oba typy výrobku jsou konstruovány s ohledem na maximální komfort pro pacienta [18].

3.3.3. Léčba ran kontrolovaným podtlakem

Podtlaková terapie ran je účinnou alternativou otevřeného ošetřování akutních ran, jejichž hojení bylo zkomplikováno infekcí. Tekutý infekční materiál je odváděn mimo ránu prostřednictvím systému hadic. Podtlakem se aktivně zmenšuje výsledná plocha rány. Zároveň se snižuje bakteriální zátěž infikované rány, urychluje a zkracuje trvání

čistící fáze hojení rány, snižuje se spotřeba antibiotik i celkové výdaje na léčbu. Terapie rány kontrolovaným podtlakem umožňuje brzké zotavení pacientů [20].

3.3.4 Pěnové krytí ran se silikonovou adhezivní plochou

Výrobek představuje samo přilnavé pěnové krytí na rány s měkkou silikonovou adhezivní vrstvou na jedné straně a paropropustnou vodotěsnou folií na straně druhé. Kombinuje absorpční schopnosti pěny s měkkou přilnavostí silikonové kontaktní plochy. Patří do kategorie vlhké krytí, pro moderní léčbu ran. Výrobek je určen pro použití při léčbě bércových vředů, popálenin a traumatických ran. Při sejmutí krytí nedochází ke stržení epidermálních buněk a tím je eliminována bolestivost při výměně krytí a měkké přilnutí k okolní pokožce [21].

3.3.5. Hydrokoloidy

Jde o adsorpční hydrokoloidní krytí s polopropustnou vrstvou z polyuretanu. Při adsorpci exsudátu z rány dochází k tvorbě gelu, který vytváří vlhké prostředí v ráně. Pojímá infikovaný sekret z rány a bezpečně jej do sebe uzavírá. Zároveň brání vstupu sekundární infekce do rány [27].

3.3.6 Hydrogely

Jsou obecně gelová krytí na bázi hydrofilních polymerů s vysokým obsahem vody. Jsou dostupné ve formě polštářků nebo jako amorfni hmota (často v tubě). Absorbují nadbytečný exsudát, udržují optimální vlhkost (i v suché ráně) autolyticky odstraňují nekrozu a neporušují okolní zdravé buňky. Chrání ránu proti vstupu sekundární infekce [28]. Modifikované typy hydrogelů jsou současným trendem v oblasti zemědělství a floristiky. Zde je využito právě schopnosti vázat a uvolňovat velké množství vody. To je vhodné pro zavlažování rostlin v dobách sucha, kdy na sebe hydrogel smíchaný se zeminou absorbuje vodu, kterou pozvolna uvolňuje do půdy.

3.3.7 Mokrý terapie

Hydroaktivní krytí se superabsorpčním jádrem, které absorbuje exsudát včetně bakteriálních toxinů, patogenů a zároveň uvolňuje Ringerův roztok, který ránu proplachuje. Udržuje tak ránu čistou a optimálně vlhkou. Krytí je k ráně nepřilnavé a převazy jsou snadné a nebolestivé. „Ringerův roztok je druhem izotonického fyziologického roztoku s obsahem iontů sodíku a chloru, který nahrazuje

přirozené biologické prostředí. Oproti fyziologickému roztoku lépe simuluje složení krevní plasmy, čehož se dosahuje přidávkem iontů draslíku a vápníku“ [29].

3.3.8 Polyuretany

Krycí materiál na bázi polyuretanové pěny patří mezi terapeutická krytí s vysokou absorpční schopností. Je polopropustné a absorbuje nebezpečný exsudát a mikroorganismy. Svrchní film těchto polyuretanových krytí zároveň umožňuje evaporaci (odpaření) tekutých složek. Udržují v ráně vhodné vlhké mikroklima a stimulují její čištění. Zároveň brání vstupu sekundární infekce [30].

3.3.9 Algináty

Algináty jsou polymery s obsahem organických kyselin. Mají výborný čistící efekt. Vlákná alginátu se při kontaktu se sekretem z rány změni v gel s vlastnostmi vlhkého krytí. Nasávají exsudát, zbytky odumřelých buněk a bakterie. Uzavírá je do vznikajícího gelu. Udržuje tak ránu optimálně vlhkou, čímž podporují procesy hojení [31].

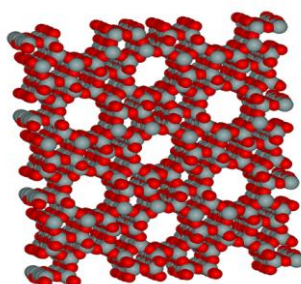
Popis jednotlivých komponent vybraného výrobku

4.1 Zeolit

Zeolity je nazývána skupina hlinitokřemičitých nerostů, mající mikroporézní strukturu. Zeolit je krystalický hydratovaný alumosilikát alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Jedinečnost spočívá v tom, že prostorové uspořádání atomů vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů (Obr. 2). V těchto kanálcích se mohou zachytávat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství. Obecný název zeolit se používá pro přírodní tetragonální hlinitokřemičitan sodný s čistotou alespoň 80%. Tento mikroporézní materiál ve svých pórech zadržuje od dob svého vzniku ionty sodíku a chloru. Ty jsou ve vodném prostředí schopny na sebe „absorbovat“ další ionty, čehož využíváme ve filtračním procesu. Absorpční řada zeolitu, tj. schopnost zachytávat jiné ionty, je na straně obsaženého chloru Cs – NH₄ – K – Ca – Mg (cesium – amonium – draslík – vápník – hořčík), a na straně obsaženého sodíku NO₂ – NO₃ – S₂O₃ (dusitany – dusičnany – thiosírany) [1].

Díky velkému množství mikroskopických pórů a kanálků má zeolit velký vnitřní povrch 150 – 120 m²/g. Způsob výroby zeolitu spočívá v tom, že se nejprve připraví prekurzor (sloučenina, která se účastní chemické reakce za vzniku jiné sloučeniny) srážecí reakcí roztoku křemičitanu sodného s roztokem síranu hlinitého a kyseliny sírové za vzniku

sraženiny. Ta se z reakční suspenze odfiltruje a promyje. Takto připravený prekurzor se použije k přípravě reakční směsi. K prekurzoru se přidá destilovaná voda, hydroxid sodný, očkovací krystaly zeolitu a dále ethanol, roztok amoniaku a tetrapropylamoniumbromid. Pak se tato reakční směs zahřívá v autoklávu na teplotu 150 až 170 °C po dobu 24 až 48 hodin. Výhodný způsob výroby zeolitu spočívá v tom, že se po 24 až 36 hodinách zahřívání reakční směsi v autoklávu přeruší, do reakční směsi se přidá další tetrapropylamoniumbromid a reakční směs se opět zahřívá v autoklávu na teplotu 150 až 170 °C po dobu dalších 8 až 12 hodin.



Obr. 2 chemická struktura zeolitu [5]

Zeolit v kontaktu s krvácející ránou tvoří vazbu s molekulami vody, které jsou přítomny v krvi. Dochází k selektivní koncentraci srážecích faktorů a aktivaci krevních destiček. Krvácení je tak během krátkého času zastaveno. Současně je z komplexu uvolňován jód, který díky svému antiseptickému účinku předchází infekci. Silné povrchové napětí zeolit-jodového komplexu stimuluje tvorbu kapilár a granulační tkáň. Urychluje se proces přirozeného hojení rány. Zeolit má silnou absorpční i adsorpční schopnost (záchyt částic na povrchu). Přijímá exsudát z rány, obsahující bakterie, toxiny a mikroskopické zbytky poškozené tkáň. Váže je na svůj povrch a neutralizuje. Dochází k fyzikálnímu čištění ložiska rány, které je navíc antisepticky podpořeno pozvolným uvolňováním jódu. Jsou dosaženy předpoklady pro úspěšnou léčbu rány [10].

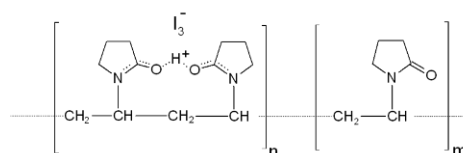
4.2 Jód

Jód je velmi vzácný prvek, který se v přírodě vyskytuje pouze ve sloučeninách. Byl objeven roku 1811 francouzským chemikem Bernardem Courtoisem. Elementární jód je tmavě fialová až černá látka, která za atmosférického tlaku přechází přímo do plynné fáze, sublimuje [8].

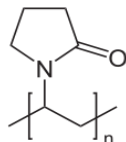
V medicíně se používá jako dezinfekční činidlo. V poslední době se však jako antiseptikum obvykle používá šetrnější a stabilnější jodovaný povidon, což je komplex jódu a polyvinylpyrrolidonu [9].

Pro výrobek firmy BATIST medical a.s. je využit čistý krystalický jód, který se spolu se zeolitovými kuličkami vsype do uzavřené nádoby kde promíchávání a protřásáním začíná jód sublimovat (přecházet z pevného krystalického skupenství na plynné) a výsledný plyn se začne vázat do struktury zeolitových kuliček. Uvnitř kuličky se vytvoří zeolit jodový komplex. Při styku s vlhkostí se jód uvolní na povrch kuličky a poslouží jako dezinfekční vrstva. Z tohoto důvodu je výrobek WoundEX balen v ochranném obalu bez přístupu vzduchu.

Pro bakalářskou práci byly firmou dodány zeolitové kuličky bez jódu.



Obr. 3 chemický vzorec jodovaného povidonu [3]



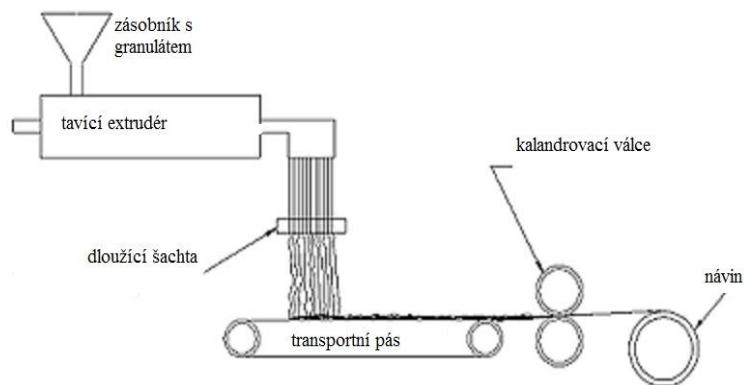
Obr. 4 chemický vzorec polyvinylpyrrolidonu [4]

4.3 Obalová vrstva výrobku – foliovaná netkaná textilie

Spunbond

Podstata výroby netkané textilie technologií spunbond (Obr. 14) spočívá v přímém zvlákňování polymerních granulátů na nekonečná vlákna (filamenty), ty jsou gravitačně odtahovány dluženy v šachtě. V zásobníku je polymerní granulát, který je dávkován do vyhřívaného šnekového extrudéru. V extrudéru dochází promísení granulí, jejich roztavení na taveninu a pomocí šnekového mlýnku je tavenina dopravena ke zvlákňovací trysce. Vlákna jsou pomocí gravitace odtahována a dlužena v dlužící šachtě, kde i částečně chladnou. Proces dlužení může být podpořen proudícím vzduchem. Vlákna dopadají rovnoměrně na transportní pás. Vlivem teploty se ne zcela zchladlá vlákenná struktura spojí k sobě a dojde tak k vytvoření tenké vlákenné vrstvy. Vrstva je spojená, ale není samonosná pro svou malou plošnou hmotnost. Další

transport a manipulaci je tedy nutno realizovat pomocí pásu. Pro dosažení požadované plošné hmotnosti netkané textilie se řadí více strojů lineárně za sebe. Dojde tím k vrstvení a zvýšení plošné hmotnosti a pevnosti vrstvy.



Obr. 14 schéma výroby NT technologií spunbond [14]

Technologie výroby sendvičové textilie

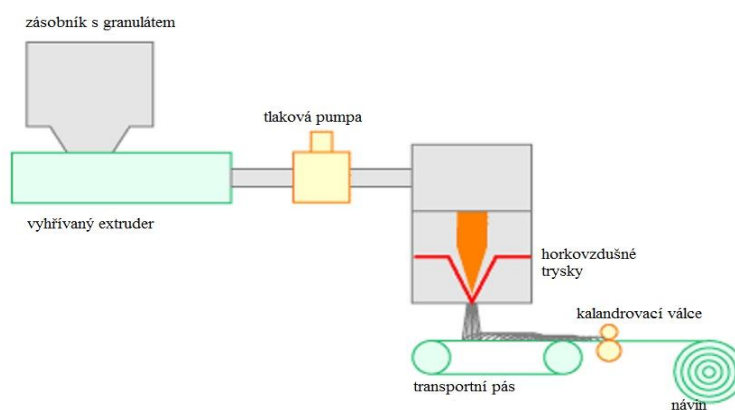
Ve zdravotnictví se z důvodů komfortnosti a prodyšnosti vyskytuje spunbond s kombinací s meltblownem v kompozitu zkráceně označeném SMS (spunbond, meltblown, spunbond). Takový kompozit je vhodný z důvodu pevnosti a prodyšnosti, zároveň velké množství jemných pórů mu dává ideální filtrační vlastnosti vhodné pro aplikaci ve zdravotnictví. Zdravotnické textilie typu SMS jsou zhotoveny na principu lineárního vrstvení kdy jsou do výrobní linky za sebou řazeny stroje v takovém pořadí, aby odpovídaly požadovanému složení finální vrstvy. Za poslední vrstvou netkané textilie jsou umístěny vyhřívané kalandrovací válce, které vrstvy kompozitu spojí a dodají mu pevnost a soudržnost.

Meltblown

Technologie meltblown (Obr. 15) (roztavit- foukat) její název vystihuje takřka celou podstatu výroby. Polymerní granulát je ze zásobníku přiváděn do vyhřívaného extrudéru, kde stejně jako u technologie spunbond dojde k promísení suroviny a její rozehrání na polymerní taveninu. Ta je tlakovou pumpou přivedena k trysce. Po okrajích trysky jsou vzduchové kanálky, kterými je přiváděn velkou rychlostí horký vzduch. Proud vzduchu strhne kapičku polymerní taveniny a odfoukne ji směrem k transportnímu pásu kde se samovolně vrství do tenké textilní vrstvy.

Zdravotnické textilie typu SMS (spunbond, meltblown, spunbond) jsou zhotoveny na principu lineárního vrstvení, kdy jsou do výrobní linky za sebou řazeny stroje v takovém pořadí, aby odpovídaly požadovanému složení finální vrstvy. Za poslední vrstvou netkané textilie jsou umístěny kalandrovací válce, které kompozit spojí a dodají mu pevnost. Válce mohou být hladké, nebo rastrované, záleží na požadavcích na následné použití textilie. K výrobě těchto typů netkaných textilií se používá polypropylen (PP) - mono vlákna, nebo kombinaci polypropylenu a polyethylenu (PP/PE) - bikomponentní vlákna. Bikomponentní vlákna poskytují další specifické možnosti a vlastnosti finálního výrobku.

Ve stávajícím výrobku je vrchní vrstva netkané textilie ještě opatřena PE perforovanou folií pro zvýšení komfortu povrchové vrstvy, která přijde do kontaktu s pokožkou.



Obr. 15 schéma výroby NT technologií meltblown [15]

PE folie

Hlavními výhodami PE folií je jejich zdravotní nezávadnost, 100% recyklovatelnost, odpad je vhodný i k energetickému zhodnocení (spalitelný- tím se eliminuje možnost přenosu bakterií způsobených špatnou likvidací použitého výrobku) a z jeho struktury se neuvolňují žádné nebezpečné látky [24]. Perforace dodá folii potřebnou prodyšnost a zajistí přísun kyslíku k ráně. Foliování obalové vrstvy NT zabraňuje, aby se výrobek na pokožku přilepil a tím způsobil pacientovi bolestivost při jeho odstraňování. Nepřilnutím k povrchu rány zajišťuje takto upravený výrobek rovnoměrné hojení rány bez lokálního vysušování či poškozování.

Návrh struktury nového výrobku a postupu jeho výroby

Nový výrobek je navrhován tak, aby měl stejné, nebo lepší parametry než výrobek stávající. Výrobek bude zhotoven aplikací zeolitového prášku pomocí ultrazvuku do

struktury netkané textilie. Netkaná textilie není shodná s netkanou textilií původního výrobku. Z důvodu potřeby nasycení její struktury práškem má objemnější a rozvolněnější strukturu. Netkaná textilie je z jedné strany (během výrobního procesu se bude jednat o spodní stranu) opatřena perforovanou PE folií. Folie na spodní straně poslouží jako pomocné medium při zachycování zeolitového prášku. Během experimentů musíme dbát, aby folie nebyla poškozena ať mechanicky špatným nastavením stroje nebo tepelně vlivem energie od sonotrody. Zeolit by měl být ve výrobku po průchodu sonotrody fixován. To bude realizováno nejpravděpodobněji vrchní krycí folií. S krytím folií je uvažováno jako s alternativní dokončovací prací, není s ní však pracováno v rámci bakalářské práce.

5.1 Popis zařízení nutných pro realizaci výrobku

5.1.1 Ultrazvukový generátor

Ultrazvuk je mechanické vlnění o frekvenci vyšší než 16 kHz a sluchem ho nevnímáme. I když je pro člověka ultrazvuk neslyšitelný, vnímáme silně nepříjemný pištivý zvuk, který může po krátké době způsobit bolest hlavy či zubů. Při práci s ultrazvukem vždy používáme ochranná sluchátka určená pro odizolování ultrazvukových vln, nebo špunty do uší. Ultrazvuk je slyšitelný pro řadu živočichů (psi, delfini, netopýři,...) a pro některé může fungovat i jako nepostradatelná životní součást. Například u netopýřů pro orientaci v prostoru.

Ultrazvuk má velké využití v lékařství a technice. Ultrazvukové vlnění méně podléhá pohlcení prostředím, velmi dobře se odráží od překážek. Díky těmto vlastnostem je ultrazvuk velmi využíván v lékařské diagnostice a lze jej použít např. místo rentgenu (detailní obraz vnitřních orgánů) aniž by byl člověk vystaven nebezpečnému RTG záření (to je vhodné zejména pro dlouhodobě nemocné pacienty, kde je nutnost častého rentgenování postižené oblasti těla velmi zatěžující) .

V technice je využíván k tzv. ultrazvukové defektoskopii - k zjišťování skrytých vad materiálu na základě šíření a odrazu ultrazvuku či kontrole kvality svařovaných spojů na železných konstrukcích [6].

Ultrazvuk se dá využít i pro svařování plastů, folií, pásků, desek, textilií. Ke svařování plastů pomocí ultrazvuku dochází za pomoci tepla, které vzniká z vysokofrekvenčních mechanických kmitů. Nejprve se však musí elektrická energie přeměnit na vysokofrekvenční mechanický pohyb. Tento mechanický pohyb spolu s působící silou vytváří frikční teplo na rozhraní spojovaných součástí (svarová plocha). Plastický

materiál taje a tvoří tak molekulový svar mezi částmi [13]. Takto jsou například spojovány komponenty jednorázových lékařských obličejových roušek.

Těchto poznatků je v práci využito a zeolitový prášek je pomocí ultrazvukových vln “vtloukán” do struktury netkané textilie. Zároveň musí být parametry stroje nastaveny tak, aby byla zajištěna optimální rychlost průchodu netkané textilie pod sonotrodou a nedošlo tak k tavení vlákenného materiálu.

Při experimentech s ultrazvukem a při jeho praktickém používání jsou zdroji ultrazvuku nejčastěji piezoelektrické nebo magnetostrikční ultrazvukové generátory. Piezoelektrický jev je schopnost krystalu generovat elektrické napětí při jeho deformování, popřípadě jev opačný, kdy se krystal v elektrickém napětí deformuje. Může se vyskytovat pouze u krystalů, které nemají střed symetrie. Nejznámější piezoelektrickou látkou je monokrystalický křemen, křišťál. Využití obráceného piezoelektrického jevu je založeno na působení elektrického pole na krystal. Je-li pole časově periodicky proměnné s kmitočtem, který odpovídá kmitočtu vlastních elastických kmitů krystalu, vzniká mechanická rezonance. Přímý i obrácený (nepřímý) piezoelektrický jev se využívá například v lékařských sonografech, generujících ultrazvuk [11].

Protože jsou ultrazvukové vlny velmi krátké, ultrazvuk se šíří prostředím prakticky přímočaře a při odrazu od překážek platí zákon odrazu. Jeho jinou význačnou vlastností je, že na rozdíl od obyčejného zvukového vlnění je ultrazvuk ve vzduchu a jiných plynech značně absorbován, a to tím víc, čím je jeho vlnová délka menší. Naproti tomu v kapalinách, například ve vodě, se ultrazvukové vlnění může rozšířit i do velmi velkých vzdáleností [12].

5.1.2 Ultrazvukové zařízení sonotroda

Sonotroda se používá pro ultrazvukové obrábění, svařování a míchání. Sonotroda je část ultrazvukového zařízení. Jde o nástroj, který v kontaktu s materiálem přemění elektrickou energii na mechanickou (vibrace). Tím rozkmitává strukturu a předává energii (pocházející od generátoru ultrazvuku).

Sonotroda se obvykle skládá z velkého množství piezoelektrických měničů připojených k zužujícím se koncovce. Aplikační část sonotrody se přiloží na opracovávaný materiál. Střídavý proud oscilující na ultrazvukové frekvenci je aplikován samostatným napájecím zdrojem k piezoelektrickým měničům. Proud způsobí rozpínání a smršťování materiálu. Standardní frekvence použité v ultrazvukových sonotrodách jsou v rozsahu

od 20 kHz do 70 kHz, slyšitelnost lidského ucha je omezená zhruba na interval 16 Hz - 20 kHz . Amplituda vibrací je velmi malá, asi 13 až 130 mikrometrů.

Sonotrody jsou nejčastěji vyrobeny z titanu, hliníku nebo oceli. Tvar sonotrody (kruhové, čtvercové, se zuby, profilované) závisí na množství vibrační energie a na optimalizaci pro konkrétní aplikaci. Sonotrody malého průměru jsou někdy nazývány sondy [7].

Na Obr. 5 je ukázka sonotrody použité v měření pro bakalářskou práci. Jde o titanovou sonotrodu o celkové hmotnosti přibližně 2kg, s obdélníkovou aplikační plochou o rozměru 10x150 mm, která je vhodná pro aplikaci na použité pruhy netkané textilie o šířce 100 mm.



Obr. 5 laboratorní sonotroda

5.1.3 Mlýny

Ruční mlýnky na obilí znaly všechny kultury už od pravěku. Při mletí pomocí dvou velkých kamenů se do mouky dostával písek, což způsobovalo rychlé obroušování zubů, nápadné u pravěkých nálezů koster. Od konce 19. století nahradily mlýnské kameny válcové mlýny s ocelovými válci

„Proces mletí je definován jako mechanické působení kovových elementů tlakem a stříhem. Jejich volba a účinnost se odvíjí se od parametrů mleté suroviny a požadavku na její výslednou jemnost“ [22]. Typy mlýnů můžeme kategorizovat mnoha způsoby. Například jako průmyslové mlýny, mlýny pro domácí použití, podle mleté suroviny (polymerní granulát, maso...) , dle velikosti či tvaru drtícího media.

Mlýny pro mletí velkých částí mohou být nazývány drtiče.

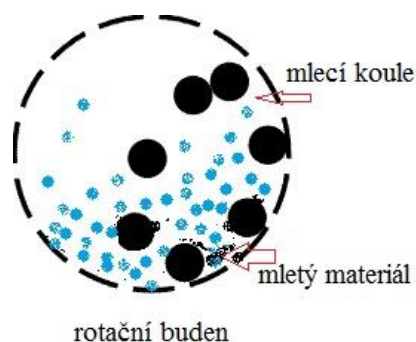
V průmyslovém měřítku můžeme mlýny rozdělit na nožové, kladivové, kuželové, šnekové.

Pro Bakalářskou práci byly použity 3 dostupné mlýny s odlišným způsobem mletí. V praktické části experimentu bude popsán pracovní postup a v diskuzi zhodnocena vhodnost a efektivita každého z nich.

Mezi současně nejrozšířenější typy mlýnů patří níže popsané druhy.

Kulový mlýnek- princip

Kulový mlýn je mlýn, který rozmělnuje mletý materiál pomocí koulí z tvrdého materiálu, nejčastěji ušlechtilé oceli. Skládá se z komory (obvykle ve tvaru válce), v níž je umístěn drcený materiál spolu s koulemi. Válec se pohybuje a přesypající se koule postupně drtí materiál, v němž jsou vloženy. Kulové mlýny umožňují velice jemné semletí i relativně tvrdých materiálů. Typickým využitím kulových mlýnů je mletí slinku při výrobě cementu, nebo některých rud. Kulové mlýny se běžně používají také v tepelných elektrárnách k drcení uhlí nebo při výrobě pěnového skla. Těž se používají v krematoriích na drcení kostí [23].



Obr. 19. schéma kulového mlýnu

Kávový mlýnek – princip

Ruční mlýnky a některé elektrické melou pomocí tzv. mlecích kamenů, které zrna mezi sebou rozdrtí. Kameny mohou být buď ploché, nebo kónické. Druhé jmenované mají širší prostor pro mletí, větší životnost a méně se zahřívají. Pracují totiž při nižších otáčkách. Jemnost nebo hrubost mletí se seřizuje šroubem nebo přítlačnou matkou. Protože je celý mechanismus sešroubován uvnitř těla mlýnku, není úplně jednoduché mlecí ústrojí čistit. Elektrické mlýnky mívají mlecí kameny odnímatelné. Kameny se čistí mechanicky kartáčováním.

Tříštivý mlýnek – princip

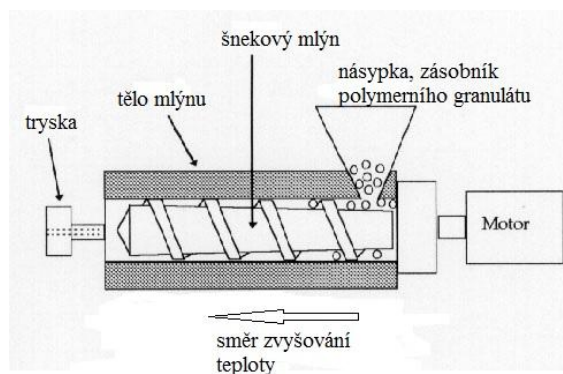
Mletí je provedeno pomocí rychle rotujících nožů uvnitř nádoby mlýnu. Materiál naráží na hrany nožů a je o ně tříštěn, až sekán. Náráz částice na nůž je náhodný a materiál se tříští na nestejně velké částice. Což může představovat problém při snaze co nejvíce homogenizovat velikost částic během mlecího cyklu. Mlýnek má nejdostupnější použití a je využíván jak pro domácnosti tak i v průmyslovém měřítku.

Šnekový mlýn – princip

Šnekový mlýn je zařízení pro dopravu a hrubé předmletí materiálu ve vodorovném a mírně nakloněném směru (30°). Otáčením šnekovnice v trubce šneku se materiál posunuje a je třením rozemílán o vnitřní stěny. Použití je vhodné ve mlýnech na obilí, krmivárnách atd. [25].

Extrudér- princip

Je modifikací šnekového mlýnu uzpůsobený pro polymerní granulační materiály. V technologii výroby netkaných textilií (výrobou zvlákňováním z taveniny) se jedná o nepostradatelnou součást výrobního procesu. Ve výrobním procesu je řazen na začátek výrobní linky netkaných textilií. Do zásobníku je nasypán polymerní granulát požadovaných parametrů. Tělo extrudéru tvoří šnek, který zvyšuje svou teplotu se vzdáleností od zásobníku. Promíchává granulát, homogenizuje ho, zabraňuje tvorbě shluků granulí a tím předchází ucpání trysek stroje a zajišťuje rovnoměrnou viskozitu polymerní taveniny.



Obr. 18 schéma vyhřívaného extrudéru

Praktická část práce

Plán a cíl experimentu

BP byla navržena, jako inovace stávajícího materiálu firmy BATIST Medical a.s. , Výrobek je určen pro krytí pooperačních ran, pro odsátí exsudátu vytékajících z rány, udržení rány suché a bez bakterií způsobujících zanícení.

Stávající krycí materiál je konstruován jako dvě vrstvy netkané textilie potažené z vnějších stran perforovanou PE folií. Netkaná textilie je na krajích spojena tavením. Střed výrobku tvoří dutinu, ve které jsou zeolitové kuličky o průměru 1,5-2mm, které jsou napuštěné jódem pro zajištění desinfekce a jako baktericid.

Zeolit není v dutině nijak fixován, jde o pouze volně vložené kuličky. Rozstřížením obalové vrstvy netkané textilie by tedy došlo k jeho vysypání a tím znehodnocením a ztrátě funkčnosti výrobku.

Experiment byl navržen pro rozšíření možností použití výrobku, především pro možnost úpravy rozměrů stříhem, aniž by došlo k znehodnocení.

Cílem experimentu bylo aplikovat jemný zeolitový prášek do vrstvy netkané textilie pomocí ultrazvuku.

Experiment se zabýval přípravou keramického prášku pro následnou aplikaci ultrazvukem, volbou vhodného mlecího media, stanovením vhodné frakce zeolitu, nastavení optimálních parametrů výrobního stroje tak, aby došlo k maximální optimalizaci procesu a bylo dosaženo ideálních parametrů finálního výrobku.

Pro účely bakalářské práce není zeolit napuštěn jódem a v práci nebude operováno s finální úpravou, zafixování zeolitu ve struktuře netkané textilie pomocí perforované PE folie.

Z důvodu mnoha dílčích kroků experimentů, které na sebe navazují, bude nestandardně zařazena diskuze vždy na konci každé kapitoly. V diskuzi bude posouzena vhodnost a efektivita jednotlivých dílčích komponent dané kapitoly s přihlédnutím, že nejvýhodnější parametr bude použit pro další pracovní postup.

Fáze experimentu

Experiment je rozdělen na přípravu materiálu, kde jsou zhodnoceny použité technologie mletí zeolitu, k výběru nejvýhodnější frakce a dále zkoumání nastavení nejefektivnějších parametrů výrobního procesu – přítlak sonotrody, sklon sonotrody, rychlost odtahu textilie - a jejich následné ověření. První experimenty byly realizovány bez laboratorního zařízení tedy bez možnosti kontroly a nastavení jakéhokoliv parametru. Změny v dílčích experimentech byly provedeny pouze přibližně změnou daného parametru. Efektivita těchto experimentů byla hodnocena pouze jako orientační hodnoty které byly dále ověřeny na později zkonstruovaném laboratorním zařízení.

6.1. Příprava materiálu na aplikaci ultrazvukem - mletí zeolitu

Nejprve bylo nutné zeolit rozemlít na prášek, který byl následně pomocí síťového zařízení rozdělen do jednotlivých frakcí. Zeolit byl umlet na třech laboratorně dostupných mlýnech. Následně byla provedena frakcionace umletého materiálu. Počet a velikost frakcí bylo omezeno na síta dostupná v laboratoři. Po rozdělení prášku na jednotlivé frakce proběhla aplikace každé z nich na netkanou textilií a vzorek byl podroben účinkům ultrazvuku. Naměřené hodnoty byly společně porovnány s cílem, určit frakci vhodnou pro následující stanovování ostatních parametrů. Výsledky jsou diskutovány a s nejlepším z nich bude nadále pracováno.

6.1.1 Kulový mlýnek

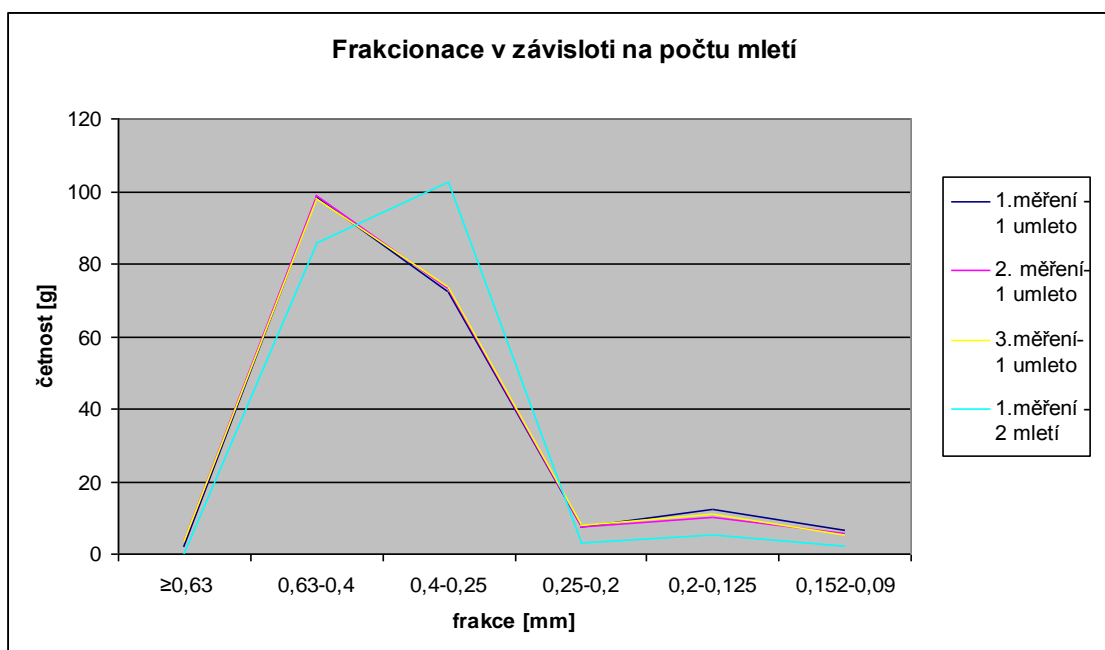
Laboratorní kulový mlýn nabízí možnost přesného nastavení výrobních parametrů a tím zajistit pokaždé stejný výsledek mletí. Do mlecí patrony o objemu přibližně 50 ml, byly nasypány cca 4 g zeolitových kuliček tak, aby zeolit zabíral 1/3 objemu patrony. Na materiál byla umístěna titanová drtící kulička o průměru 10 mm. Zásobník byl zašroubován vrchním dílem patrony. Patrona zašroubována do třepacího ramene mlýnu a byla dotažena pomocí speciálního přiloženého tyčového dotahovače. Tím bylo zabezpečeno utěsnění patrony k tělu míchacího ramene, aby nedošlo během kmitání míchače k uvolnění závitu patrony, vysypání prášku a tím nežádoucí poruše stroje. Po utěsnění patrony byly nastaveny mlecí parametry. Délka a intenzita před-míchání, frekvence a rychlost kmitů vlastního mletí, délka mletí a opakovací cykly. Absencí předchozích zkušeností s mlýnem byly všechny dostupné parametry zadávány náhodně.

6.1.2 Kávový mlýnek

Druhým použitým byl mlýnek na mletí kávy pro domácnosti. Pro zjednodušení přípravy prášku byl mlýnek upevněn do držáku stojanové vrtačky. Utěsněním těla mlýnku pomocí dřevěných desek a kovových svorek byla zajištěna stabilizace kávového strojeku. Tím bylo možno dosáhnout rovnoměrných strojových otáček mlýnku, aniž by byl mlýnek poškozen vlivem pnutí v těle, způsobeným snahou přizpůsobit se otáčkám vrtačky a tím pohybu mlýnku v držáku. Jeho konstrukce, která není přizpůsobena mletí keramických materiálů nedovolila pracovat příliš dlouho. Mlýnek byl pro experiment zapůjčen, jeho poškození tedy nebylo žádoucí. Mletí probíhalo 10 minut, poté bylo nutné přístroj vypnout na přibližně 5 minut (dokud nedošlo k jeho ochlazení) z důvodu jeho přílišného zahřívání. Zahřívání vznikalo jednak třením keramického materiálu o kovové mlecí čelisti a plastové tělo mlýnku, ale především pohlcováním vzdušné vlhkosti jemným keramickým práškem (důkazem zahřívání v důsledku adsorbování vzdušné vlhkosti bylo i to, že umletý prášek zůstal teplý dlouhou dobu po umletí – řádově desítky minut).

6.1.3 Tříštivý laboratorní mlýn

Tříštivý mlýn byl použit pouze pro druhé přemletí zeolitu jako alternativní řešení, zda je možné pomocí něj dosáhnout jemné frakce, které nebylo dosaženo prvním mletím na kávovém mlýnku. Do nádoby mlýnu o objemu přibližně 300 ml byl nasypán již jednou umletý zeolitový prášek. Nádoba byla zavřena vrchním dílem s čepelemi a zapojením do elektrické sítě byl mlýnek uveden do chodu. Pohybováním s nádobou bylo zajišťováno rovnoměrné mletí celého obsahu nádoby. Čas mlecího cyklu nebyl předmětem experimentu, šlo o délku přibližně 10 sekund.



Graf 1 efektivita mletí zeolitu v závislosti na počtu přemletí

6.1.4 Diskuze vhodného mlecího zařízení

Kulovým mlýnem bylo možno připravit i velmi jemné frakce, což bylo pro experiment pozitivní zjištění, nicméně tento způsob přípravy materiálu se neukázal jako efektivní řešení pro svou velmi malou výtěžnost prášku a diskontinuální proces mletí. Jistou nevýhodou tohoto způsobu byla i malá zkušenost se zařízením, neschopnost nastavit mlecí parametry tak, aby bylo dosaženo požadované jemnosti prášku již při prvním mlecím cyklu. Prášek byl příliš hrubý, nebo naopak velmi jemný a drtící kulička uvnitř jemný prášek zbouchala na spodní a vrchní stranu patrony a tím značně zkomplikovala mletí, protože prášek bylo nutné odškrábat jak z vnitřních stěn patrony tak i pečlivě očistit drtící kuličku. Tímto defektem nastala časová prodleva mezi mletími a to přibližně 5 minut, což je pro výrobu větších objemů materiálu v poměru k malé výtěžnosti nepřijatelné. Velkokapacitní kulový mlýn by mohl po zjištění optimálního nastavení fungovat jako efektivní řešení.

Kávový mlýnek pracoval kontinuálně, s dobrou výtěžností - přibližně 2kg za hodinu. Mlýnek však nevyvinul dostatečnou drtící sílu aby namlel zeolit do požadované jemné frakce ($0,2 < \text{mm}$). I s utažením aretačního šroubku na nejjemnější mletí bylo nutné druhé přemletí prášku. Druhé mletí bylo zkomplikováno vznikajícím elektrostatickým nábojem. Prášek ulpíval na stěnách plastového zásobníku a pro posuv k drtícím čelistem bylo nutné mechanické míchání a sklepávání. Naskytla se otázka možnosti poškození mlecích čelistí tvrdým keramickým materiálem a tím nezajištění rovnoměrných hodnot

výsledku mletí na začátku a na konci experimentu. Tato domněnka však nemohla být posouzena, neboť frakcionace byla stanovena z celkového objemu namletého zeolitu, nikoli ze vzorku na začátku a na konci mletí. Výsledky mletí na kávovém mlýnku jsou znázorněny v *grafu 1*. Mletí tímto mediem se ukázalo z námi použitých zařízení jako nejvhodnější. Dvojitě mletí by mohlo být v průmyslové výrobě realizováno druhým mlýnkem připevněným pod výstupní otvor prvního mlýnu, aby byl zachován kontinuální proces mletí. Druhou alternativou je použít mlýn na podobném principu jako kávový mlýnek, ale s větším přitlakem čelistí aby bylo dosaženo přípravy jemných frakcí hned při prvním mletí. Zde je doporučeno mlecí zařízení uzemnit, aby byl eliminován elektrostatický náboj, který zde vzniká. . Potřeba jemných frakcí je popsána a dokázána experimentem níže.

Tříštví mlýn měl dobré výsledky frakcionace, ovšem malou produktivitu a ne příliš efektivní diskontinuální proces (stejně jako kulový mlýn). Nemožnost nastavit parametry mlecího procesu se pro průmyslové řešení neukazují jako vhodné.

Jako zdroj výroby zeolitového prášku pro všechny následující experimenty byl použit kávový mlýnek a prášek byl dvakrát přemlet.

6.2 Experimentální stanovení vhodné frakce zeolitu

První experimenty byly prováděny na malých vzorcích netkané textilie (50x50 mm) a to z ekonomických důvodů, neboť k dispozici bylo pouze cca 1,5kg zeolitu. Následně bylo firmou dodáno dostatečné množství pro realizaci experimentů na větších vzorcích a všechny další pokusy byly prováděny na pásu NT o šíři 100 mm.

6.2.1 Postup stanovení vhodné frakce

Experimenty na vzorku 50x50 mm s méně výkonným zdrojem sonotrody.

Vzorek NT byl zvážen, bylo na něj nasypáno přesně odvážené množství zkoumané frakce zeolitu. Prášek byl rozprostřen rovnoměrně po ploše NT a takto připravený materiál byl vystaven průchodu sonotrody. Každé měření bylo provedeno na více vzorcích, pro možnost srovnání a předpokladu zanesení chyby z důvodu malé plochy vzorku a malé hmotnosti aplikovaného prášku.

Opticky byl posouzen přebytek prášku na povrchu netkané textilie a propad prášku skrze strukturu NT pomocí tmavé podložky. Vzorek byl následně odklepnut od povrchových přebytků prášku, zvážen a bylo spočítáno hm. % zachytu zeolitu ve struktuře NT.

Experimenty probíhaly různými modifikacemi posuvu sonotrody po netkané textilií a s různým množstvím prášku, aby byl zjištěn nejefektivnější poměr tlaku, rychlosti a množství zeolitu. V této fázi experimentu nebyla sonotroda připevněna k žádnému posuvnému ani podpůrnému zařízení. Sonotroda byla držena pouze rukou. Přesnost a výsledky měření se tedy považují za pouze orientační a nelze je brát jako seriózní měření.

Pokusy byly prováděny:

- a.) sonotrodou kolmo k NT pouze přirozeným tlakem sonotrody na podložku pomalým/rychlým pohybem
- b.) kolmo k NT se zvýšeným tlakem (přítlak byl realizován pouze fyzickým přitlačením sonotrody k NT) pomalým/rychlým posuvem
- c.) náklonem sonotrody pomalým/rychlým posuvem
- d.) náklonem sonotrody a přítlakem k podložce pomalým/rychlým posuvem
- e.) dvojitým posuvem sonotrody po NT, tato část experimentu byla vedoucím BP označena jako nepotřebná, neboť sonotroda bude přes NT procházet v praxi pouze jednou. Nadále s tímto nebude pracováno.

Měření proběhlo pro frakce intervalů 0-6-04 mm, 0,4-0,25mm, 0,25-0,2mm.

Následující tabulky zobrazují úspěšnost jednotlivých pokusů

Velikost frakce 0,6-0,4 [mm]	NT m [g] rozměr před aplikací (5x5) [mm]	Zeolit m [g]	m [g] po průchodu sonotrody	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
Bez tlaku, pomalu	0,631	0,5	0,739	0,239	23,9
S tlakem, pomalu	0,667	0,5	0,751	0,251	25,1
Bez tlaku, rychle	0,674	0,5	0,722	0,222	22,2
S tlakem, rychle	0,675	0,5	0,763	0,263	26,3
Náklon,bez tlaku, pomalu	0,672	0,5	0,721	0,221	22,1
Náklon,s tlakem, pomalu	0,625	0,5	0,735	0,235	23,5
Náklon,bez tlaku, rychle	0,663	0,5	0,7	0,2	20
Náklon,s tlakem, rychle	0,671	0,5	0,682	0,182	18,2

Tab. 1 efektivita záchytu zeolitu pro frakci 0,6-0,4 [mm]

Velikost frakce 0,4-0,25 [mm]	NT m [g] rozměr před aplikací (5x5) [mm]	Zeolit m [g]	m [g] po průchodu sonotrody	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
Bez tlaku, pomalu	0,662	0,5	0,786	0,286	28,6
S tlakem, pomalu	0,663	0,5	0,812	0,312	31,2
Bez tlaku, rychle	0,7	0,5	0,748	0,248	24,8
S tlakem, rychle	0,595	0,5	0,782	0,282	28,2
Náklon,bez tlaku, pomalu	0,669	0,5	0,731	0,231	23,1
Náklon,s tlakem, pomalu	0,632	0,5	0,736	0,236	23,6
Náklon,bez tlaku, rychle	0,661	0,5	0,72	0,22	22
Náklon,s tlakem, rychle	0,651	0,5	0,678	0,178	17,8

Tab. 2 efektivita záchytu zeolitu pro frakci 0,4-0,25 [mm]

Velikost frakce 0,25-0,2 [mm]	NT m [g] rozměr před aplikací (5x5) [mm]	Zeolit m [g]	m [g] po průchodu sonotrody	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
Bez tlaku, pomalu	0,687	0,5	0,815	0,315	31,5
S tlakem, pomalu	0,642	0,5	0,796	0,296	29,6
Bez tlaku, rychle	0,673	0,5	0,754	0,254	25,4
S tlakem, rychle	0,674	0,5	0,772	0,272	27,2
Náklon,bez tlaku, pomalu	0,735	0,5	0,731	0,31	31
Náklon,s tlakem, pomalu	0,742	0,5	0,736	0,365	36,5
Náklon,bez tlaku, rychle	0,698	0,5	0,72	0,311	31,1
Náklon,s tlakem, rychle	0,663	0,5	0,678	0,29	29

Tab. 3 efektivita záchytu zeolitu pro frakci 0,25-0,2 [mm]

Velikost frakce 0,2- < [mm]	NT m [g] rozměr před aplikací (5x5) [mm]	Zeolit m [g]	m [g] po průchodu sonotrody	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
Bez tlaku, pomalu	0,686	0,5	0,912	0,412	41,2
S tlakem, pomalu	0,636	0,5	0,881	0,354	35,4
Bez tlaku, rychle	0,671	0,5	0,852	0,352	35,2
S tlakem, rychle	0,595	0,5	0,782	0,282	28,2
Náklon,bez tlaku, pomalu	0,695	0,5	0,731	0,332	33,2
Náklon,s tlakem, pomalu	0,652	0,5	0,736	0,372	37,2
Náklon,bez tlaku, rychle	0,688	0,5	0,72	0,302	30,2
Náklon,s tlakem, rychle	0,703	0,5	0,678	0,271	27,1

Tab. 4 efektivita záchytu zeolitu pro frakci 0,2- < [mm]

6.2.2 Diskuze ke stanovení vhodné frakce zeolitu

Z naměřených hodnot je viditelné, že se efektivita procesu zvyšuje spolu s klesající frakcí zeolitu. Dále je patrné, že nejlepších výsledků bylo dosaženo s jemnou frakcí 0,2- < mm s přidáním náklonu sonotrody proti směru pohybu netkané textilie (Obr.16) . V tomto okamžiku byl laboratorní experiment neplánovaně přerušen. Důvodem bylo poškození zdroje ultrazvuku. Poškození si vyžádalo 3 měsíční přerušení experimentů. Po této době nebyl původní zdroj stále k dispozici a další práce musela pokračovat na s jiným zdrojem, který měl čtyřnásobně vyšší výkon, 2 kW. Poškozený ultrazvuk dosahoval výkonu 0,5k W.

Tab.1 - S nejhrubší použitou frakcí nebylo dosaženo příliš dobrých výsledků záchytu prášku. Přílišná velikost zrn neumožnila průchod do struktury textilie. Většina zeolitového prášku byla sonotrodou shrnuta pryč z povrchu netkané textilie nebo na něm ulpívala beze změny. Nejlepší dosažený výsledek 26,3hm % vztažených na hmotnost textilie není v porovnání se stávajícím výrobkem, 700hm % vztažených na hmotnost textilie, dostačující.

Tab.2 - Pozorujeme jistý progres co se týče záchytu prášku, nicméně maximální hodnot 31,2hm % vztažených na hmotnost textilie není stále dostačující. Jako v předchozím měření, přebytky prášku byly značné a výsledná efektivita malá. Náklon ani přítlak sonotrody nijak neovlivnil efektivitu výrobního procesu.

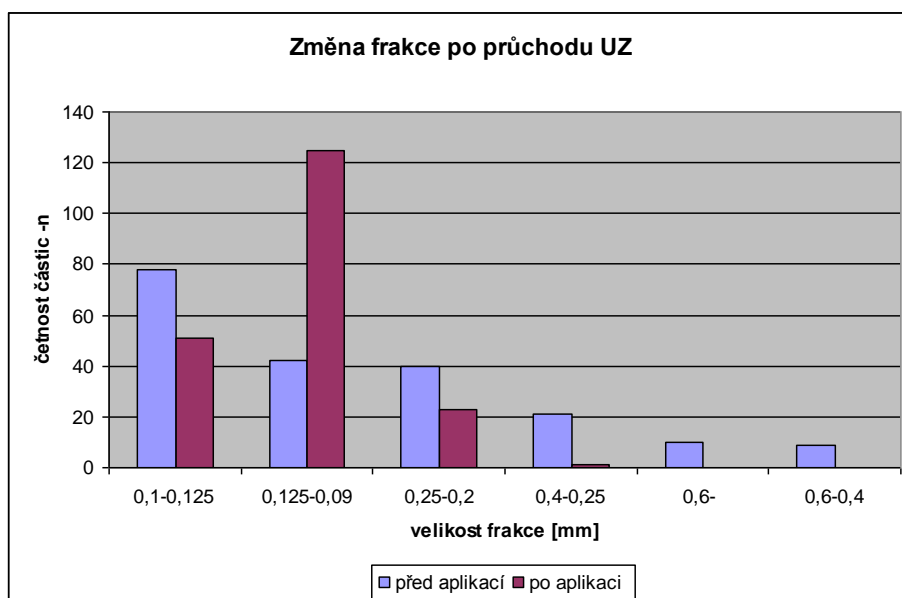
Tab. 3 – Zde se začíná projevovat vliv náklonu sonotrody. S náklonem bylo dosaženo lepšího záchytu prášku než se sonotrodou kolmo k podložce. Nejlepší dosažený záchyt 36,53hm % vztažených na hmotnost textilie je přibližně o 1/3 vyšší než u experimentu s frakcí 0,6-0,4 mm. Přebytky na povrchové vrstvě netkané textilie nebyly tak velké jako u předchozího měření. Z toho vyplývá, že velikost částice prášku je stále příliš velká než aby ji byl ultrazvuk schopen zakomponovat dovnitř struktury. Je tedy nutno použít ještě jemnější frakci.

Tab.4- 37,2hm % vztažených na hmotnost textilie. Prozatím nejlepší dosažený výsledek. Tímto měřením byly dokázány dva podstatné aspekty výroby, ke kterým bude následně přihlíženo. S klesající frakcí stoupá množství zachyceného prášku. Náklon sonotrody proti směru pohybu netkané textilie zvyšuje procento záchytu. Zvýšení efektivity v důsledku náklonu sonotrody připisujeme fakt, že prášek je posuvem vtlačen do jakéhosi klínu, který tvoří zkosená plocha sonotrody a netkané textilie. Tím, že ho sonotroda strhne do tohoto prostoru a „hrne“ před sebou dojde k delšímu setrvání prášku na aplikační ploše sonotrody a tím i k větší možnosti zakomponování do její struktury.

Při kolmém osazení sonotrody je prášek hranou sondy stržen a bez doteku s aplikační plochou je setřen posuvným pohybem sonotrody pryč z textilie.

6.2.3 Recyklace prášku – opakované použití pro aplikaci ultrazvuku

V prvních fázích experimentu byly přebytky zeolitového prášku na povrchu netkané textilie příliš velké. Bylo proto zkoumáno, jak průchod sonotrodou změní velikost frakce prášku a zda by bylo možné již jednou použitý prášek aplikovat opakovaně a tím zajistit vyšší ekonomickou výhodnost procesu. Měření probíhalo pomocí optického laboratorního mikroskopu. Do mikroskopu byl vložen vzorek prášku před a po aplikaci ultrazvuku a pomocí funkce „měření délky“ byl vždy u 150 zrn změřen průměr. Výsledky byly zpracovány a porovnány v Grafu 2.



Graf 2 změna frakce po průchodu sonotrodou

Z naměřených výsledků vidíme změnu struktury prášku pro jednotlivé frakce.

Ultrazvuk prášek „rozbíjí“ na menší části. Největší zastoupení je pro frakci 0,125-0,09. Tento výsledek je pozitivní. Je proto možné, po průchodu netkané textilie sonotrodou, přebytečný prášek jímat do sběrné nádoby a v zpětně přimíchávat do zásobníku pro prvotní aplikaci. Částečnou recyklací dojde ke snížení nákladů na výrobu.

6.3 Stanovení hlavních parametrů výrobního procesu

Následující experimenty probíhaly s cílem, nastavit parametry laboratorního zařízení tak, aby bylo dosaženo maximální efektivity finálního výrobku. To znamená, maximální zachycené množství zeolitového prášku ve struktuře netkané textilie.

6.3.1 Poloprovozní zařízení pro aplikaci prášku

Následující experimenty, probíhaly již na zkonstruovaném zařízení s novým, silnějším zdrojem ultrazvuku.

Díky rámu stroje bylo možno oproti původnímu laborování, regulovat přítlak sonotrody, rychlost odtahu netkané textilie a částečnou regulací přísunu zeolitu pomocí násypky. Všechny následující experimenty byly prováděny s přihlédnutím na poznatky z měření, kde byl použit slabší zdroj ultrazvuku. Dosavadní teorie, že spolu s jemnější frakcí stoupá efektivita procesu, bude kontrolně ověřena na následujících experimentech pro potvrzení její správnosti. Následující tabulka (tab. 5) ukazuje výsledky naměřené na vzorku po průchodu zkonstruovaným poloprovozním zařízením. Z výsledků je možno zjistit, že předchozí experimenty, které přinesly poznatek, že nejvýhodnější je použít frakci zeolitu 0,25 - < mm na výkonnějším přístroji ještě o dvě frakce klesnou, tj. na frakci velikosti 0,125 - 0,09 mm.

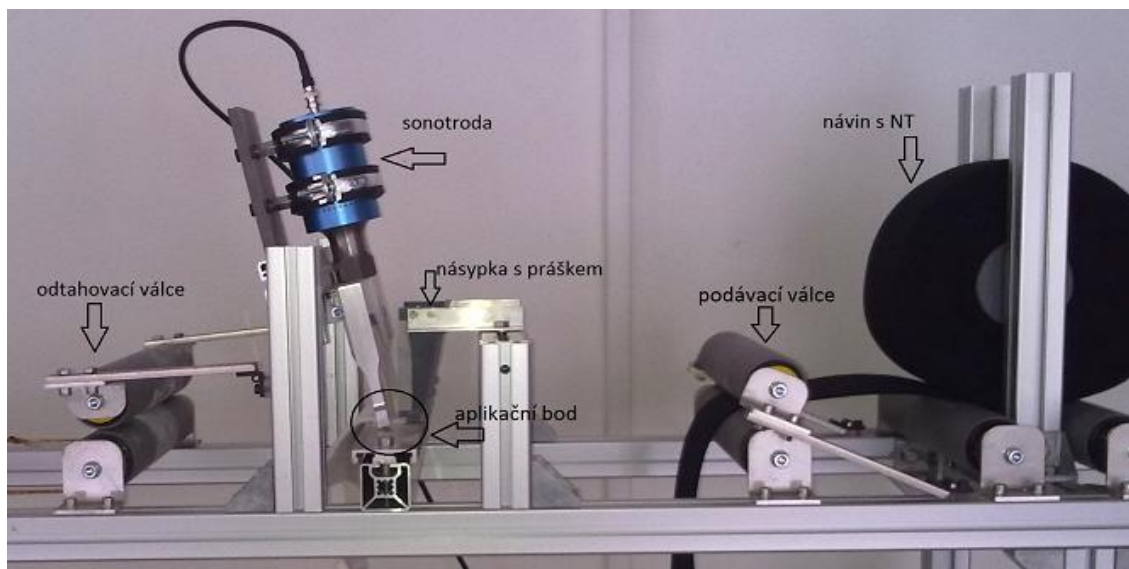
Velikost frakce [mm]	m [g] rozměr 100x100 [mm]	Plošná m [m.g ²]	Zeolit plošná m [m.g ²]	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
0,25 - 0,2	4,79	479	217,5	0,85	84,15
0,2 - 0,125	3,95	395	138,5	0,54	53,46
0,125 - 0,09	4,89	489	232,5	0,91	90,09
≤0,09	4,12	412	155,5	0,61	60,39

Tab. 5 efektivita zachytu zeolitu na výkonnějším 2 kW UZ

S méně výkonným zdrojem ultrazvuku bylo dosaženo nejlepšího výsledku 37,2% hmotnostních % hmotnosti vztažené na hmotnost textilie. Za pomoci silnějšího zdroje se toto procento povedlo přetransformovat na 91,09% hmotnostních % hmotnosti vztažené na hmotnost textilie. Dalším poznatkem pro praktické pokusy tedy je, že silnější zdroj ultrazvuku přináší efektivnější výsledky.

Obr. 6 ukazuje technické řešení poloprovozního laboratorního zařízení s upevněním sonotrody a řešením průchodu netkané textilie. Připevnění sonotrody je řešeno pomocí kovových objímek a gumového těsnění. Sonotroda je připevněna ke kyvné desce. Desku je možno pomocí aretačních šroubů naklánět kolem osy spodní linie desky a zároveň umožňuje vertikální posuv sonotrody a tím zajistit požadovaný přítlak sonotrody na netkanou textilii. Sonotroda je napájena laboratorním generátorem ultrazvuku (Obr. 7), který umožňuje nastavení amplitudy a rychlost odtahovacích válců. Cílem bylo

stanovení parametrů pro dosažení co nejvyššího možného prosycení textilie práškem, se zaměřením na rovnoměrné rozmístění prášku ve struktuře a tím zajištění stejných parametrů výrobku na všech jeho místech.



Obr. 6 Schéma poloprovozního zařízení pro aplikaci zeolitového prášku



Obr. 7 Laboratorní generátor ultrazvuku

Nastavitelné parametry laboratorního zařízení jsou:

- a.) Sklon sonotrody. Je udáván ve stupních a rozumí se jím úhel svírající mezi spodní rovinnou hrany aplikační plochy sonotrody a podkladu. S nutností sklonu sonotrody je uvažováno jako s poznatkem z předešlých experimentů, kdy s náklonem sonotrody bylo dosaženo vyššího zachytu zeolitu ve struktuře netkané textilie.
- b.) Štěrbina sonotrody. Udává vzdálenost spodní, aplikační roviny sonotrody a podkladu. Štěrbinou bude procházet netkaná textilie, na kterou bude aplikován prášek.

c.) Množství přiváděného materiálu. Násypka je umístěna těsně před sonotrodou. Jednoduchá konstrukce násypky neumožňovala regulovat množství přiváděného prášku, pro celý experiment bylo proto použito jedno nastavení násypky.

d.) Přídavné spodní odsávání. Zrealizované pomocí domácího vysavače přiložením hubice na spodní stranu netkané textilie. Spodní odsávání bylo zařazeno ve výrobním procesu těsně za sonotrodu.

Pro stanovení byly použity dvě frakce, které se vývojem měření ukázaly jako neefektivnější a to frakce 0,2-0,125 mm a 0,125-0,09 mm. Úhly byly zkoumány pro zjednodušení experimentu pouze dva.

6.3.2 Stanovení úhlu sklonu sonotrody

Při stanovení vhodného úhlu bylo, pro zjednodušení úlohy, experimentálně pracováno pouze se dvěma úhly. Za úhel sklonu sonotrody považujeme úhel sevřený mezi spodní hranou sonotrody a materiálem (obr. 12). Úhly pro jednoduchost označíme řeckými písmeny α , β . Úhly byly vybrány s ohledem na předchozí experimenty.

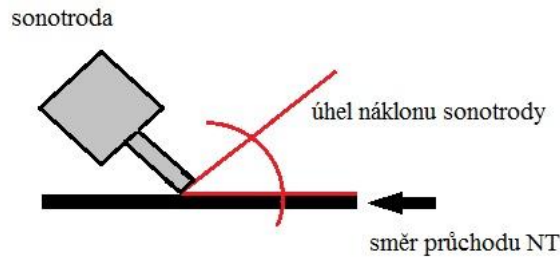
Jejich hodnoty byly určeny $\alpha = 20^\circ$, $\beta = 30^\circ$.

Tabulka 6 ukazuje přehled naměřených hodnot pro jednotlivé frakce a patřičný úhel.

Úhel/ Frakce [mm]	m [g] rozměr 100x100 [mm]	Plošná m [m.g ²]	Zeolit plošná m [m.g ²]	Hm% vztažené na hm textilie [-]	Hm% vztažené na hm textilie [%]
α / 0,2-0,125	3,63	363	106,4	0,92	92,56
α / 0,125-0,09	3,61	361	104,5	0,87	86,21
β / 0,2-0,125	3,2	320	91,2	0,53	52,39
β / 0,125-0,09	3,48	348	102,1	0,76	75,49

Tab. 6 stanovení vhodnosti úhlu pro danou frakci

Výchozí hodnoty v Tab. 6 byly stanoveny aritmetickým průměrem z pěti měřených úseků. Pro další experimenty se jako efektivnější náklon sonotrody bude považovat úhel $\alpha = 20^\circ$ a hrubší z testovaných frakcí 0,2-0,125 mm. Toto bude experimentálně ověřeno při stanovení kombinace nejvhodnějších výrobních parametrů.



Obr. 16 náklon sonotrody

6.3.3 Štěrbina mezi sonotrodou a NT

Vycházejíce z praktických experimentů byla stanovena na 0,8 mm. Při menší velikosti štěrbiny byl tlak sonotrody příliš velký a netkaná textilie špatně postupovala přístrojem. Pro její navíjení bylo potřeba použití síly větší, než byly schopny realizovat odtahovací válce a docházelo ke stagnaci materiálu pod plochou sonotrody, a tím k jeho znehodnocování. Pomocný odtah musel být realizován fyzicky (odtahování pomocí ruky) a vlivem vysoké tahové síly docházelo k protažení a nežádoucí rozměrové deformaci vlákenné vrstvy. Při nastavení větší štěrbiny naopak materiál procházel příliš volně a efekt průchodu sonotrodou nebyl dostatečný, struktura vykazovala silnou mrakovitost a místy nebyl prášek ve struktuře zachycen vůbec žádný.

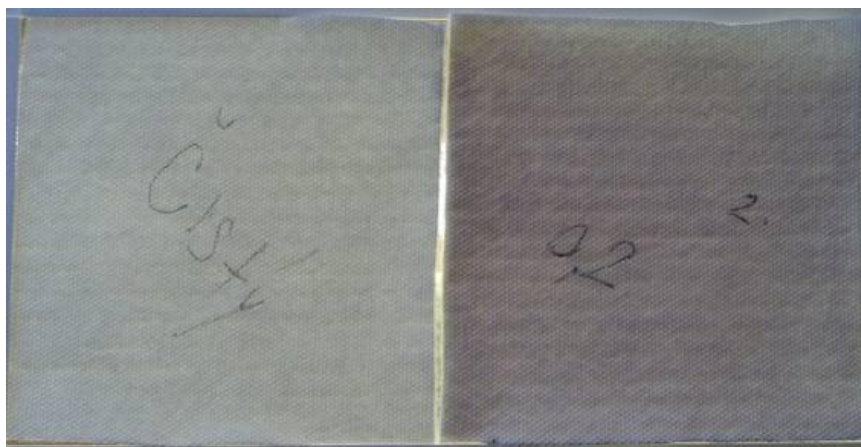
6.3.4 Stanovení vhodného nastavení stroje - kombinace nejvýhodnějších možností a diskuze jejich výsledků a jejich diskuzi

Tato kapitola se zabývá výzkumem kombinace parametrů, které se v průběhu práce ukázaly jako nejefektivnější. Je posuzována kombinace frakce, sklonu sonotrody a přídavného podsávání. Výsledný efekt výrobních kombinací je zhodnocen v diskuzi.

Parametry:

Štěrbina 0,8mm, sklon sonotrody 20°, frakce zeolitu 0,2-0,125 mm

Obr 8 ukazuje výsledný záchyt Zeolitu prosvícením na světelné desce v porovnání s čistým vzorkem netkané textilie bez zeolitu. Prosvícení je rovnoměrné, bez mrakovité struktury. Nedokonalosti na krajích vzorku byly způsobeny manipulací se vzorkem a rozměrové úpravy nůžkami, nevznikly výrobním procesem.



Obr. 8 záchyt zeolitu 0,2-0,125mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina

Parametry :

Štěrbina 0,8mm, sklon sonotrody 20°, frakce zeolitu 0,2-0,125 mm, přidavné odsávání

Následující měření proběhlo stejně jako v předchozím případě s rozdílem přidaného podsávání pomocí vysavače pro podpoření efektu prosycení struktury zeolitem. (Obr. 9) Ukazuje výsledný záchyt zeolitu. Záchyt je mrakovitý a nerovnoměrný. Mrakovitost byla přisouzena právě přidavnému sání, kdy i s nastavením nejnižšího výkonu vysavače došlo k násilnému extrahování prášku sací silou vysavače.



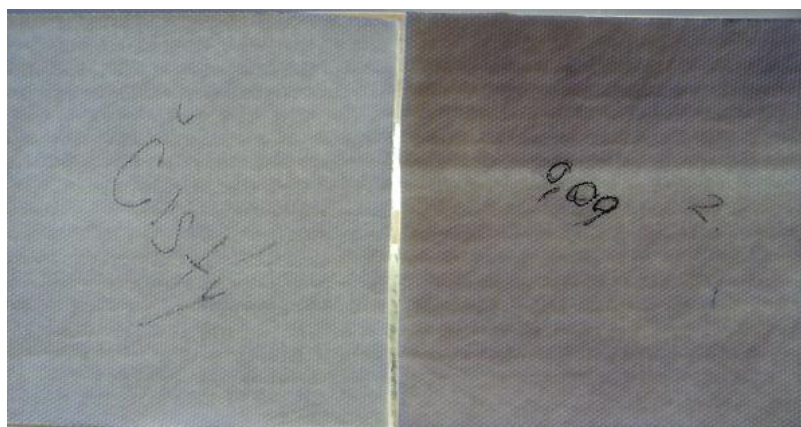
Obr. 9 záchyt zeolitu 0,2-0,125mm, sání, 20° sklon, 0,8mm štěrbina

Parametry:

Štěrbina 0,8mm, sklon sonotrody 20°, frakce zeolitu 0,125-0,09 mm

Na následujícím Obr. 10 není viditelně záchyt tak velký jako s frakcí 0,2 – 0,125mm. Vzorek vykazuje pruhovitou nerovnoměrnost zeolitového prášku. Vrchní část je výrazně

silněji prosycena než spodní. To mohlo být způsobeno nerovnoměrnou štěrbinou. Zároveň je v horní polovině patrný pruh, kde není zachycen skoro žádný prášek. Nerovnost je rovnoměrná podél celého vzorku, není tedy pravděpodobné, že by došlo k vyklepání zeolitu během manipulace se vzorkem. Mohlo to být způsobeno nečistotou na spodní hraně sonotrody. Jako alternativa se i jeví možnost, že zde došlo k chybě v odtahu textilie, trhnutí či její neodborné posunutí.

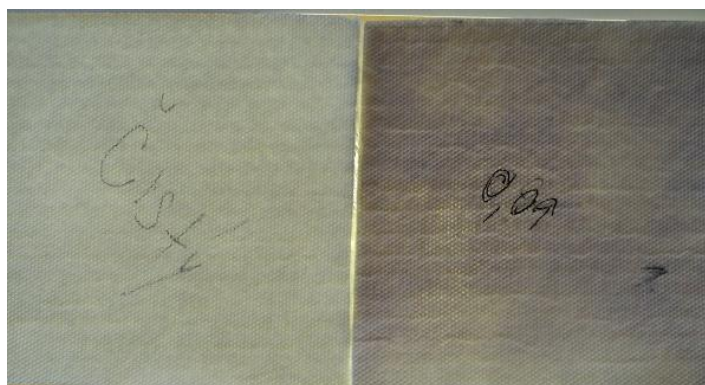


Obr. 10 záchyt zeolitu 0,125 – 0,09mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina

Parametry:

Štěrbina 0,8mm, sklon sonotrody 20°, frakce zeolitu 0,125-0,09 mm, přídavné odsávání

Obrázek 11 vykazuje silnou mrakovitou strukturu. Potvrzuje to domněnku, že mrakovitost způsobuje pomocné spodní odsávání vysavačem. Je viditelné, že světlejší místa mají jasný oválný tvar, stejný jako tvar použité hubice vysavače. Odsávání se tedy neukázalo jako vhodné, ovšem jeho nevhodnost mohla způsobit volba špatného odsávacího media, nevhodného tvaru odsávací hubice a příliš vysokého sacího výkonu.



Obr. 11 záchyt Zeolitu 0,125 – 0,09mm, 20° sklon, 0,8mm štěrbina, přídavné sání

6.3.5 Dokončovací modifikace procesu:

Firmou dodaná podkladová textilie se ukázala pro experiment jako nevhodná z důvodu velké soudržnosti vláken. Kompaktní struktura materiálu nedovolovala prosycení zeolitem v požadovaném množství. S původně poskytnutou textilií bylo dosaženo nejlepších výsledků prosycení práškem v hodnotě 170g/m^2 . Ten to výsledek byl firmou Batist zhodnocen jako nedostačující.

Po diskusi problému se zástupcem firmy byla navržena a zkoumána nová podkladová textilie.

Pro zefektivnění procesu aplikace prášku do struktury NT, bylo nutné navrhnout i další technologické řešení.

Výroba nově použité textilie:

Pro experiment byla použita netkaná PES vrstva.

80% vláken jsou PES vlákna o jemnosti 11dtex délky stříhu 80mm, 20% vláken tvoří BICO PES vlákna jemnosti 6,7dtex a délky stříhu 60mm.

Vrstva byla po průchodu mykacím strojem vrstvena do podoby rouna. To bylo opět přemykáno aby došlo k co nejrovnoměrnějšímu rozložení vláken ve struktuře.

Výsledné rouno mělo plošnou hmotnost 100g/m^2 (tolerance $\pm 7\%$) a tloušťku přibližně 20mm.

Rouno bylo nařezáno na čtverce o straně 40cm. Na každý čtverec rouna byla položena vrstva pojivě netkané textilie a pomocí etážového lisu byla vrstva při teplotě 130°C stlačena na tloušťku 4mm.

Výsledná plošná hmotnost vrstvy je 160g/m^2 ($\pm 5\%$).

Textilie má rozvolněnější strukturu než původní firmou poskytnutá NT. Tím se zvýšil předpoklad možnosti zakomponování většího objemu zeolitu do struktury.

Modifikace zařízení pro zanášení prášku:

Již v předchozích fází experimentu bylo uvažováno o mechanické podpoře prosycení struktury práškem realizované přídatným zařízením. To bylo zkušebně v předchozím experimentu realizováno jako podsávání pomocí domácího vysavače. Toto se neukázalo jako vhodné řešení, neboť silná sací síla jemný prášek odsávala skrze strukturu ven a vytvářela silnou mrakovitost a nerovnoměrné rozložení prášku uvnitř struktury.

Jako efektivní řešení se ukázalo přidané podklepávání textilie v oblasti, kde textilie opouští násypku se zeolitovým práškem. V poloprovozním zařízení se podklepu dosáhlo pomocí ruční přímočaré pily u které byla řezací pilka nahrazena polykarbonátovou destičkou. Destička v horní úvrati realizovala klepavé vibrace na spodní straně textilie.

Maximální frekvence kmitů pily je 3200ot/min, v laboratoři bylo pracováno s hodnotami pohybujícími se v polovině maxima tzn. přibližně 2000ot/min. Otáčky pily úměrně rostou s tlakem vyvíjeným na spouštěcí knoflík. Na tomto zařízení není proto možné přesně určit ani regulovat hodnotu kmitů.

Hloubka zanoření destičky do NT je 1,5mm.

S takto modifikovaným výrobním zařízením a nově poskytnutou podkladovou textilií bylo dosaženo plošné hmotnosti zeolitu na 1m^2 po prvním průchodu zařízením průměrně 420 g/m^2 . Množství prášku je i závislé na počtu průchodů materiálu strojem, kdy nárůst plošné hmotnosti zeolitu je pokaždé takřka stejným hmotnostním přírůstkem až do dobu maximálního nasycení struktury. To se projevilo jako nemožnost dalšího protažení textilie štěrbinou sonotrody.

Po prvním průchodu textilie byla plošná hmotnost u zkoumaných vzorků vždy přibližně 400 g/m^2 .

Po průchodu druhém, již průměrně 720 g/m^2 a při třetím průchodu se podařilo dosáhnout výsledku pohybujícího se kolem 1000 g/m^2 .

Velice účinnou modifikací se ukázala úprava násypky zeolitového prášku.

Násypka se výrazně rozšířila ve spodní části. Došlo tím k získání zvětšení úseku přímého kontaktu prášku a NT a zároveň možnost materiálu projít po operaci podklepávání klidovou oblastí před průchodem sonotrodou aniž by byl prášek vyklepán ven.

Rozšířením hrdla násypky byly rovněž eliminovány přebytky prášku na horním povrchu vlákně vrstvy, tím došlo ke snížení ekonomických nákladů na výrobu. Na následujícím obrázku je zachycen řez NT. Zde je krásně viditelné velmi silné prosycení struktury zeolitovým práškem, čímž bylo dosaženo splnění požadavku na zadání BP.



Obr.20 prosycení struktury zeolitem

Závěr experimentu

Tento výsledek je pro firmu Batist vyhovující, nicméně nežádoucí je nutnost mnohokrát opakovaného průchodu materiálu zařízením. Ve výrobním provozu bude zřejmě nutné za sebe lineárně zařadit dvě násypky se sonotrodou aby se zvýšilo množství zakomponovaného zeolitu a zároveň nebylo nutné textílii převíjet a navádět opětovně do stroje.

Vrstva vystupující z práškovacího zařízení vyžaduje citlivou manipulaci a finální úpravu. Prášek není ve struktuře pevně fixován a má velké tendence k vypadávání, což je nežádoucí.

Finální úprava není již předmětem výzkumu BP.

Za pomoci této úpravy bylo dosaženo 1040 g/m^2 prášku již po druhém průchodu materiálu zařízením. Dvojitý průchod je pro firmu Batist přípustný a v praxi bude realizován nejpravděpodobněji jako dvě za sebou lineárně řazené jednotky.

Na řezu vrstvou je viditelné, že struktura je prosycena zeolitem rovnoměrně a zastoupení prášku je opravdu velmi výrazné.

7 Alternativní možnosti výrobního postupu – teoretické

7.1 Aplikace podsávání nosného materiálu

V průběhu výzkumu se neukázalo přídavné sání jako efektivní. To mohlo být způsobeno nevhodnými parametry sací hubice a výkonu přístroje – domácího vysavače. Hubice

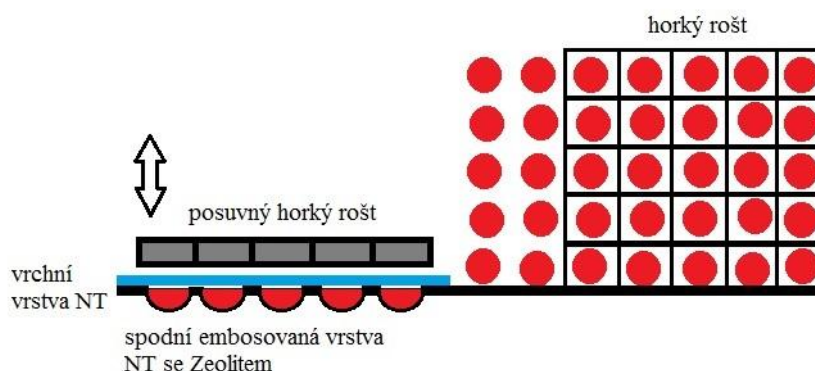
měla oválný průřez 40x60 mm a bylo nutné s ní pohybovat po spodní straně materiálu což mohlo být pro jemný prášek nešetrné.

Použitím hubice s obdélníkovým průřezem tak, aby byla rozložena sací síla rovnoměrně po celé šířce materiálu a využitím nižšího sacího výkonu stroje by mohlo být pro materiál šetrnější a podporující efektivitu výrobního procesu.

Tento návrh byl v závěru práce nahrazen spodním poklepem textilie.

7.2 Tvorba struktury „bublinkové folie“

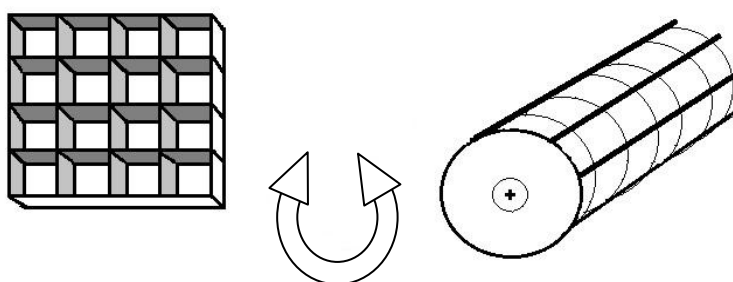
Bublinková folie je konstruována jako kombinace rovné folie a embosované. Spojením vzniknou jakési malé kapsičky naplněné vzduchem. Od této myšlenky se odvíjí teorie, realizovat podobnou strukturu z netkané textilie a vzniklé „bublinky“ naplnit zeolitovými kuličkami. Embosování by mohlo být realizováno pomocí dvou válců, z nichž by měl být jeden vyhříváný. Válců s pozitivním a negativním vzorem vytvoří v termoplastickém materiálu vzor připomínající vrchní díl bublinkové folie. Do vzniklých „důlků“ budou pomocí sypacího zařízení aplikovány zeolitové kuličky. Následně dojde k přitavení vrchní vrstvy netkané textilie, ideálně textilie typu meltblown nebo spunbond pro lepší prodyšnost materiálu. Spojení vrstev může být realizováno diskontinuálně pomocí horké mříže která se přitiskne do mezer mezi výstupky a zataví jednotlivé kapsičky.



Obr. 12 alternativní řešení horkým roštem

Zde byla brána v potaz myšlenka inovovaného typu kalandru. V podstatě se jedná o kalandr vytvořený stočením mřížového roštu do válce. Mříž by mohla být vyhřívána pomocí elektřiny, či zkonstruována z tenkých trubic naplněných horkým médiem, např. olejem.

Jako druhý válec by byl použit hladký kalandrovací válec. Otvory mříže by poskytovaly prostor pro kapsičky netkané textilie naplněné zeolitovým práškem a nedošlo by k jejich deformaci vlivem tlaku kalandrovacího válce a zároveň k poškození válce. V místě kontaktu mříže a netkané textilie by došlo ke spoji a zafixování struktury. Ještě jednodušším řešením by byl studený mřížový kalandr (spodní válec) s kombinací vrchního vyhřívaného válce, který by strukturu fixoval. Výsledný výrobek by mohl být řezán na požadovaný rozměr a nap. V rastru 3x3 „bublinky“ balen do ochranného obalu bez přístupu vzduchu jako výrobek stávající.



Obr. 13 návrh mřížového vyhřívaného kalandru

7.3 Zmenšení rozměru původního výrobku

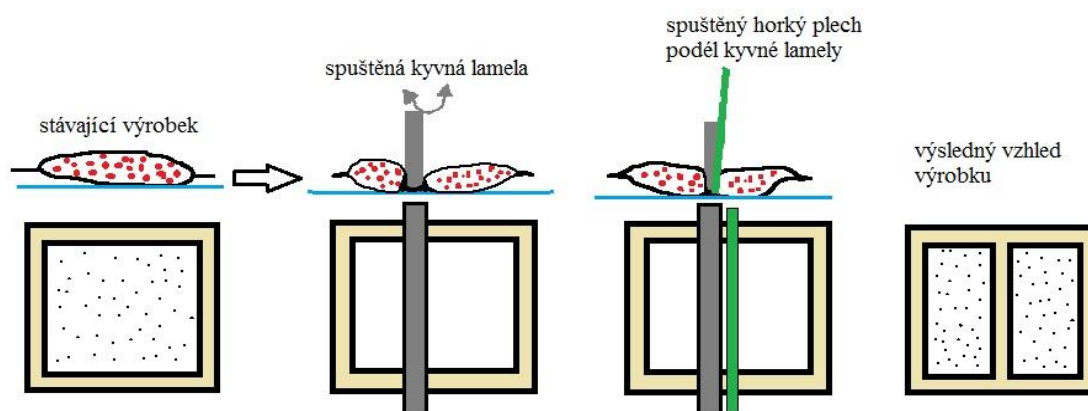
Současná konstrukce výrobku je kapsa naplněná kuličkami zeolitu.

Myšlenka inovace spočívá ve zmenšení této kapsy z původních 40x60 mm na menší cca 4x.

To znamená kapsa velikosti 10x15 mm naplněné kuličkami. Na spodní vrstvu by byly nasypány kuličky s geometrickým rozdělením do obdélníků právě o velikosti cca 10x15 mm. Pomocí horkého mřížového válce bude tepelně připojena vrchní krycí vrstva.

Jako další možnost realizace zmenšení výrobku by mohlo být zachování stávající technologie výroby s finální modifikací. Po vsypání kuliček a zatavení okrajů výrobku by se na hotový polštářek sesunula kyvná lamela. Lamela by jemným kmitáním dosedla na materiál tak, že by během sestupu kyvným pohybem odhrnula kuličky uvnitř struktury, tak, aby mezi vrstvami netkané textilie nezbyly žádné a lamela tak pouze přitiskla dvě vrstvy textilie k sobě. Následně by se spustil podél hrany lamely horký plech, který by polštářek podél lamely zatavil (Obr.17). Výrobek by měl zachovaný stávající rozměr i výrobní technologii a navíc vytvořenou rozdělenou strukturu. Počet rozdělených částí by závisel na tvaru lamely a horkého plechu, doporučené je však rozdělení polštářku na polovinu, nebo na čtvrtiny. Byl by tím splněn požadavek

možnosti rozměrové korekce výrobku, aniž by došlo k jeho znehodnocení. Toto řešení nevyžaduje vysokou vstupní investici, neboť jde spíše o finální úpravu pomocí lamely a horkého plechu.



Obr. 17 řešení pomocí horkého plechu

Závěr práce

Experiment probíhal poslopně, kdy ze série pokusů byly vybrány nejúspěšnější se kterými bylo nadále pracováno a odvíjely se od nich další poznatky a pokusy. Bakalářská práce byla zaměřena na aplikaci zeolitu pouze do struktury netkané textilie. Z důvodu odstávky stroje a zdravotních komplikací během práce nebylo časově možné se práci věnovat v rozsahu všech firmou zadaných textilních materiálů. Zjištěné hodnoty však připravily dobrý základ pro pokračování v práci na této zakázce.

Nejvhodnějším mlecím mediem byl kávový mlýnek pro domácí použití. Ten prokázal dobrou výtěžnost a při dvojitém přemletí materiálu i uspokojivé rozložení a množství frakcí. Komplikace u druhého přemletí způsobené vznikem elektrostatického náboje bylo možno vyřešit správně voleným uzemněním či modifikací konstrukce tak, aby vznik tohoto náboje byl co nejvíce omezen. Výhodou byl jeho kontinuální proces výroby. Nevýhodou je nezanedbatelné zahřívání vlivem mletí zeolitu a pohlcováním vzdušné vlhkosti a tím nutnost technologických přestávek pro ochlazení mlecích čelistí. Jako další, poměrně snadno řešitelný problém, byla malá zásobní násypka která vyžadovala častou kontrolu a doplňování materiálu.

Frakce při které bylo dosaženo největšího záchytu prášku byla stanovena frakce 0,2-0,125 mm. Větší částice uplávaly na povrchu textilie a do struktury vůbec neprostoupily. Jemnější frakce byla naopak působením ultrazvuku protlačena ven ze struktury.

Jako pozitivní jev je posuzováno zjištění faktu, že zeolit, který byl již jednou použit, může být recyklován a zpětně přimícháván do prvotní suroviny. Již použitý zeolit výrazně změní svou frakci. Vlivem ultrazvuku dojde k rozbití částecek na menší, z experimentu stanoveno na částice o velikosti 0,2-0,125 mm, které jsou pro nás žádoucí. To, mimo jiné, umožní částečně eliminovat předešlé chyby ve frakcionaci tím, že nežádoucí velké částice budou rozbity na menší. Možností recyklace použitého materiálu klesnou náklady na materiál.

Výrazně ovlivňující úspěšnost se ukázalo naklonění sonotrody proti směru pohybu textilie. Prášek vlivem jeho stagnace v klínu, vytvořeném skloněnou hranou sonotrody a textilií, setrvává pod aplikační plochou sonotrody po delší dobu a je tím větší pravděpodobnost že bude zakomponován do struktury textilie. Jako nejefektivnější byl stanoven úhel $\alpha = 20^\circ$.

Štěrbina byla stanovena na 0,8 mm. Její stanovení vyplynulo z průběhu měření. Při menší štěrbině byl materiál příliš sevřen a docházelo k rozměrové deformaci z nutnosti vyvinout velkou sílu pro jeho odtah. Při nepřiměřeném zvětšení mezery byl naopak materiál málo sevřen a efekt prosycení materiálu nebyl tak značný.

Z prvotně naměřených a posuzovaných hodnot bylo dosaženo nejlepšího záchytu zeolitu 92.56 hmotnostních %. Stávající výrobek obsahuje 700 hmotnostních % zeolitu.

I s použitím maximální úspěšnosti experimentů byl námi zhotovený materiál více jak 7x méně efektivní v porovnání se stávajícím výrobkem.

Následovaly tedy četné modifikace výrobního procesu, kde se jako nejzásadnější změněný parametr ukázala změna vstupního materiálu.

Po konzultaci se zástupcem firmy Batist byla dodána nová NT, s rozvolněnější strukturou která umožnila mnohem větší prosycení struktury zeolitem.

Tento velmi úspěšný krok byl následován přidavným podklepem. Zde bylo pomocí vibrací možno do struktury zakomponovat více prášku. Jako poslední drobnější, avšak

zásadní modifikací se ukázala změna tvaru násypky prášku. Násypka byla zvětšena a upravena tak, aby bylo dosaženo relaxační zony podklepané textilie a zároveň co nejvíce eliminovány přebytky prášku na povrchu NT.

Množství zeolitu ve struktuře je závislé na počtu průchodů textilie sonotrodou. V praxi bude nutno pro optimální výsledky zařadit lineárně dvě za sebou dvě sekce násypky a sonotrody. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při trojím průchodu materiálu strojem.

Za použití těchto úprav bylo dosaženo 1040 g/m^2 .

Tento dosažený výsledek byl firmou Batist zhodnocen jako velice dobrý a pro jejich účel využití naprosto dostačující.

Literatura

- [1] SOJKA, Radek. Kámen Zeolit- Bioclean: Co je Zeolit. Kámen Zeolit: Co je Zeolit [online]. 2010 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: www.kamenzeolit.cz
- [2] N. N. Greenwood – A. Earnshaw, Chemie prvků 1. díl, 1. vydání 1993 ISBN 80-85427-38-9
- [3] W.Fleischer and K.Reimer: Povidone-iodine in antiseptis - State of the art, *Dermatology*,195(Suppl 2),3-9 (1997)
- [4] PVP-Iodine Accessed January 25, 2007
- [5] P. Pauliš: Minerály České republiky. Kuttna, Kutná Hora 2003, ISBN 80-86406-31-8
- [6] Fyzika GJVJ: Ultrazvuk a Infrazvuk. In: Kmitání a vlnění: Ultrazvuk a Infrazvuk [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://fyzika.gjvj.cz/>
- [7] SMETANA, Ctirad, a kol.. Hluk a vibrace. Měření a hodnocení.. Praha : Sdělovací technika, 1998. ISBN 80-90 1936-2-5
- [8] Cotton F. A., Wilkinson J.: Anorganická chemie, souborné zpracování pro pokročilé, ACADEMIA, Praha 1973
- [9] N. N. Greenwood – A. Earnshaw, Chemie prvků 1. díl, 1. vydání 1993 ISBN 80-85427-38-9
- [10] VÝZKUMNÝ ÚSTAV ANORGANICKÉ CHEMIE A.S. Způsob výroby Zeolitu: Zeolit [patent]. ČR. 291568, 200-4027. Dostupné z: <http://www.vuanch.cz/>
- [11] Source=Transferred from [<http://de.wikipedia.org> de.wikipedia]; transferred to Commons by [[User:RJB1] using[<http://tools.wikimedia.de/~magnus/commonshelper.php> 2011-11-11T21
- [12] Přírodní vědy, fyzika: Infrazvuk, Ultrazvuk. [Http://studentka.sms.cz/seminarka/ultrazvuk-infrazvuk](http://studentka.sms.cz/seminarka/ultrazvuk-infrazvuk). 25.11.2007, s. 9. DOI: studentka
- [13] Ultrazvuk: svařování plastů. WMS company. DOI: DUKANE AIS co. Dostupné z: <http://www.dukcorp.eu/cz/technologie/ultrazvukove-svarovani/>
- [14] ASEN NOZZLE. Nonwoven production equipment: Spunbond spinnerette. 2011. vyd. ISBN Kasen Nozzle MFG. co., Ltd. Dostupné z: desing of micron
- [15] KASEN NOZZLE. Nonwoven production equipment: Meltblown spinnerette. 2011. vyd. ISBN Kasen Nozzle MFG. co., Ltd. Dostupné z: desing of micron

- [16] Kryty ran v historii. MUDr. Milana Šachlová, CSc. 2004. DOI: Liga proti rakovině Brno
- [17] Midgley, R. et al. (1993): Rodinná encyklopedie zdraví, nakl. Gemini, spol. s.r.o., Praha, z anglického originálu
- [18] SU microbiologist's wound dressing can help burn wound patients: Inovace krytí ran. [Http://www.nafigate.com/](http://www.nafigate.com/). 2012. DOI: NAFIGATE nano fibers gateway
- [19] www.batist.cz. BATIST MEDICAL A.S. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.batist.cz/?akce=katalog&kid=133>
- [20] Hojení ran: Léčba ran kontrolovaným podtlakem. In: [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://hojeniran.cz/moderni-lecba/lecba-podtlakem.aspx>
- [21] Zelená hvězda: Hojení ran. In: *Askina Dres sil: pěnové krytí pro moderní léčbu ran* [online]. 30.3.2011. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.zelenahvezda.cz/clanky-a-studie/odborne-clanky/hojeni-ran/askina-dressil>
- [22] Ottův slovník naučný, heslo „Mlýnský kámen“
- [23] Káva kolem nás: mletí kávy. In: OTTOVÁ, Zuzana. *Askina Dres sil: pěnové krytí pro moderní léčbu ran* [online]. 29.10.2012. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://kuchyne.dumazahrada.cz/clanky/spotrebice/kafemleti-jak-vybirat-mlynek-na-kavu-25949.aspx>
- [24] Europlast: PE folie. WIENRBERGER. [Http://www.europlast.cz/](http://www.europlast.cz/) [online]. [cit. 2013-05-24]. Dostupné z: <http://www.europlast.cz>
- [25] Mlýny pro obiloviny: šnekový mlýn. In: [Http://www.senovka.cz/](http://www.senovka.cz/): *mnýlny pro obilí* [online]. 2010 [cit. 2013-05-24]. Dostupné z: <http://www.senovka.cz/>
- [26] [Http://www.woundex.cz/](http://www.woundex.cz/): typy ran. BATIST MEDICAL A.S. [online]. [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: <http://www.woundex.cz/cs/akutni-rany/>
- [26] Hartmann a.s.: komplexní řešení pro všechny typy ran. [HTTP://WWW.LECBARANY.CZ/O-LECBE-RAN/TEORIE-RAN](http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/teorie-ran). [online]. [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/>
- [27] Hartmann: ošetřování ran. In: [Http://www.lecbarany.cz/](http://www.lecbarany.cz/) [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/kryci-materialy/hydrogely>
- [28] Hartmann: ošetřování ran. In: [Http://www.lecbarany.cz/](http://www.lecbarany.cz/) [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/kryci-materialy/hydrokoloidy>

[29] Hartmann: ošetřování ran. In: [Http://www.lecbarany.cz/](http://www.lecbarany.cz/) [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/kryci-materialy/mokra-terapie>

[30] Hartmann: ošetřování ran. In: [Http://www.lecbarany.cz/](http://www.lecbarany.cz/) [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/kryci-materialy/polyuretany>

[31] Hartmann: ošetřování ran. In: [Http://www.lecbarany.cz/](http://www.lecbarany.cz/) [online]. 2010. vyd. [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.lecbarany.cz/o-lecbe-ran/kryci-materialy/alginaty>