

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



Obor 3106-T

Textilní technologie

Zaměření: netkané textilie

Katedra netkaných textilií

3D NETKANÉ TEXTILIE S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU

3D NONWOVENS WITH VARIABLE HEIGHT

Tomáš Grimm

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146070643

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaroslav Hanuš, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Ondřej Novák

Rozsah práce a příloh:

Počet stran textu: 70

Počet obrázků: 38

Počet tabulek: 2

Počet grafů: 14

Počet příloh: 0

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra netkaných textilií

Školní rok 2003 - 2004

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro **Tomáše G R I M M A**
obor: 3106 - T Netkané textilie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **3D netkané textilie s proměnlivou výškou**

Zásady pro vypracování :

1. Vypracujte rešerši na zadané téma.
2. Poznatků z rešerše využijte k „modelování“ textilií s proměnlivým vlnočtem a proměnlivou výškou.
3. Z modelů vyberte dva typy, určete parametry pro jejich výrobu a textilie vyrobte.
4. Ověřte dodržení plánovaných parametrů studiem stejných parametrů na výrobcích.
5. Diskutujte zjištěné rozdíly.

VH/04 T

KNT/H7
90 s.
obr., grafy, tab.

Rozsah: 40 – 60 stran

Literatura:

1. Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W.: Vliesstoffe. WILEY-VCH 2000
2. Hušek, R., Lauber, J.: Simulační modely, SNTL, Praha 1987
3. Hanuš, J., Novák, O.: Modely 3DNT z konstrukčních elementů ve tvaru „vlny“. In: STRUTEX 2002, Liberec.
4. Hanuš J., Militký J., Arun Pal Aneja.: Local Compression of Corrugated Structures. In: Ninth International Conference on Composites Engineering, San Diego, July 1-6, 2002

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Hanuš, Ph.D.

Konzultant: Ing. Ondřej Novák

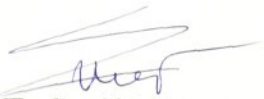
Zadání diplomové práce: 20. 3. 2003

Termín odevzdání diplomové práce: 5. 1. 2004



Vedoucí katedry:

Děkan


Prof. RNDr. David Lukáš, CSc.


Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

V Liberci dne 27. 11. 2003

ANOTACE

Obsahem této diplomové práce je několik dílčích problematik.

V první části diplomové práce jsou definovány a popsány funkční závislosti mezi geometrickými parametry kolmo kladené netkané textilie a parametry výrobního zařízení. Tyto poznatky jsou využity k teoretickému modelování textilií s lokálně definovanou (proměnlivou) výškou a vlnočtem.

V další části diplomové práce jsou vybrány dva modely, které jsou v rámci experimentu vyrobeny na upraveném strojním zařízení. Teoretické a vyrobené modely jsou porovnány, aby se ověřila platnost definovaných vztahů mezi geometrií výrobku a parametry stroje.

V závěru práce jsou diskutovány výsledky experimentu a možnosti dalšího vylepšení technologie výroby 3D netkaných textilií s proměnlivou výškou a vlnočtem.

ANNOTATION

There are several partial problems described in this diploma work.

There is defined and described functional dependences between geometrical parameters of perpendicular – laid nonwovens and parameters of machinery in the first part of the diploma work. These pieces of knowledge are used to theoretical modeling of textiles with local defined (variable) height and wave number.

There are chosen two models, which are produced in the experiment on improved machine. Theoretical and produced models are compared in order to verify the relevance of defined relations between geometry of the product and parameters of the machine.

There are discussed results of the experiment and upgrading options of production technology 3D nonwovens with the variable height and wave number at the end.

Mistopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 5.1.2004

.....*Tomáš Špinar*.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi svými radami a cennými připomínkami pomohli k dokončení této diplomové práce.

Děkuji především Ing. Jaroslavu Hanušovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při řešení problémů během vzniku diplomové práce.

Dále bych velmi rád poděkoval Ing. Ondřeji Novákovi za pomoc při realizaci experimentu.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům, přítelkyni a bratrovi, kteří mi byli po celou dobu studia velkou oporou.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	9
1. ÚVOD	11
2. KOLMO KLADENÉ NETKANÉ TEXTILIE	13
2.1. MAKROSTRUKTURA KOLMO KLADENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ	15
2.2. POPIS TECHNOLOGIE VÝROBY KOLMO KLADENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ.....	16
2.2.1. Příprava pavučiny	17
2.2.2. Kolmé kladení pavučiny do rouna.....	17
2.2.3. Zpevnění kolmo kladených roun.....	18
2.2.3.1. Termické pojení – STRUTO technologie	18
2.2.3.2. Mechanické zpevnění- ROTIS	21
2.3. POPIS VÝROBY 3D NT S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU	24
2.3.1. Teoretické aspekty	24
2.3.2. Praktické aspekty.....	26
2.3.3. Vztahy mezi parametry stroje, konstrukční jednotky a výrobku.....	27
2.3.4. Průběh vlnočtu	28
2.3.5. Předpokládané vlastnosti 3D NT s proměnlivou výškou.....	31
3. POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ NT S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU A VLNOČTEM	32
3.1. VYBRANÉ TEORETICKÉ MODEL Y 3D NT S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU A JEJICH VÝROBNÍ PARAMETRY	32
3.1.1. Model s trojúhelníkovým profilem v podélném řezu	32
3.1.1.1. Model s trojúhelníkovým profilem a s proměnlivým vlnočtem.....	33
3.1.1.2. Model s trojúhelníkovým profilem a konstantním vlnočtem	38
3.1.2. Model s profilem „hradby“ v podélném řezu.....	40
3.1.2.1. Model s profilem “hradby” a proměnlivým vlnočtem	41
3.1.2.2. Model s profilem “hradby” a konstantním vlnočtem	44
3.1.3. Model s profilem střídajících se hyperbol v podélném řezu.....	45
3.1.3.1. Model s profilem střídajících se hyperbol a proměnlivým vlnočtem	45
3.1.3.2. Model s profilem střídajících se hyperbol a konstantním vlnočtem 50	

3.2. PLATNOST A OMEZENÍ MATEMATICKÝCH VZTAHŮ POUŽITÝCH K ŘÍZENÍ VÝROBY 3D NT S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU	52
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	56
4.1. NÁVRH VÝROBNÍCH PARAMETRŮ PRO VYBRANÉ MODEL Y 3D NT	56
4.1.1. Model s profilem „hradby“ a proměnlivým vlnočtem	56
4.1.2. Model s profilem střídajících se hyperbol a proměnlivým vlnočtem.....	57
4.2. VÝROBA MODELŮ	59
4.2.1. Schéma výrobního zařízení.....	59
4.2.2. Schéma řízení výrobního zařízení	61
4.2.3. Materiál pro výrobu vzorků 3D NT.....	62
4.2.4. Řízení (nastavení) rychlostí pracovních částí stroje	62
4.3. OVĚŘENÍ DODRŽENÍ PLÁNOVANÝCH PARAMETRŮ VÝROBKU	66
4.4. DISKUSE	68
5. ZÁVĚR.....	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	70

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

d [m]	průměr zakrucovacího ústrojí
u [ot/min]	otáčky zakrucovacího ústrojí
v_p [m/s]	rychlost pohybu vláknenné vrstvy
r_1, r_2 [kg/m ³]	hustota vláknenné vrstvy
v_1 [m/s]	obvodová rychlost podávacího válce, vstupní rychlost
v_2 [m/s]	výstupní rychlost odváděcího pásu
v_3 [m/s]	obvodová rychlost kladecího válce
H [m]	výška výrobku (rouna)
A [m]	rozteč zubů na pracovním válci
d_3 [m]	průměr pracovního válce
z [1]	počet zubů pracovního válce
n_3 [1/s]	otáčky pracovního válce
α [°]	úhel sklonu „vlny“ (skladu)
a [m]	délka „vlny“ (skladu)
γ [kg/m ³]	hustota výrobku
ρ [1/m]	vlnčet
g_p [kg/m ²]	plošná hmotnost pavučiny
λ [m]	vlnová délka „vlny“ (skladu)
f [Hz]	frekvence skládaného prvku
i [1]	zhuštění
x_1, x_2 [m]	délka podélného úseku textilie
k [1]	směrnice přímky
$H_{\max}, H_{\min}$ [m]	maximální, minimální výška výrobku
t_1, t_2 [s]	čas
$v_{3\max}, v_{3\min}$ [m/s]	maximální, minimální obvodová rychlost kladecího válce
M	motor
NT	netkaná textilie
$3D\ NT$	objemná netkaná textilie
FM	frekvenční měnič

PLC	programovatelný logický automat
n [1/s]	otáčky na pracovní části (na stroji)
n_m [1/s]	otáčky na motoru
n_{mMax} [1/s]	maximální otáčky na motoru
n_{mMin} [1/s]	minimální otáčky na motoru
PL	polyester
PU	polyuretan

1. ÚVOD

Obor netkaných textilií zažívá v posledních letech velký rozmach a to především v mnoha nových odvětvích. Nejmasivnějšího využití se netkané textilie dočkaly v automobilovém průmyslu (výplně sedaček, střešní výplně, hlukově a tepelně izolační panely, kryty kufrů, kobercové textilie, atd.), v oblasti zdravotnických a hygienických prostředků (dětské pleny, prostředky osobní hygieny, ubrousky, sanitární prostředky, ochranné oděvy, atd.), v obuvnictví (výplňkové hmoty), oděvním průmyslu, ale i v produkci obalů či geotextilií a filtrů. Příčinou příznivého stavu odvětví je vývoj a produkce stále kvalitnějších materiálů a rozvoj nových výrobních technologií, jenž umožňují vyrábět textilie ze zcela specifickými a přesně definovanými vlastnostmi.

Nové výrobní postupy vycházejí v mnoha parametrech vstříc potencionálním zákazníkům a jsou často společně s nimi vyvíjeny, jak s ohledem na kvalitu finálního produktu, tak na náklady a režii samotné výroby.

K jedné z nejnovějších průmyslově využívaných technologií patří výroba vlákněných vrstev kolmým kladením pavučiny, která vznikla na katedře netkaných textilií TU v Liberci v letech 1988-1992. Tímto způsobem připravená textilie je objemná a má velmi dobrou odolnost proti stlačení [1]. Samotný proces výroby i finální výrobek ovlivňují mnohé výrobní parametry, které lze, jak se v dnešní době ukazuje, řídit tzv. on-line způsobem.

Tématem této diplomové práce je řízení technologie výroby, která bude schopná produkovat objemnou netkanou textilií (3D NT) s proměnlivými parametry, což povede k produkci textilie se „zvlněným“ povrchem nebo jiným lokálně proměnlivým parametrem (vlnočtem, kompresním odporem, atd.). Realizaci tohoto návrhu umožňují elektronické řídicí jednotky, frekvenční měniče a elektromotory, jenž zajišťují ovládání hlavních pracovních částí stroje v reálném čase.

Cíl práce

Cílem práce je zdokonalení stávající technologie rotačního kolmého kladení a to především v oblasti kontinuálního online řízení funkčních částí stroje, jež by umožnilo výrobu zcela nových objemných textilií s tvarovaným povrchem a proměnlivou hustotou skladů. Tvar povrchu, či lépe řečeno profil povrchu textilie, je dán křivkou, kterou reprezentuje zřejmě periodická funkce. Její okamžitá hodnota v čase se řídící jednotkou převede, na základě funkčních závislostí mezi okamžitou výškou skladu a otáčkami kladecího válce, na okamžitou rychlost kladecího (pracovního) válce. Tímto principem lze teoreticky vytvořit téměř jakýkoliv tvar profilu povrchu textilie, jenž je vždy v celé šíři výrobku stejný.

Řízení rychlosti odváděcího pásu metodou online lze obdobně využít i k tvorbě struktury s volitelnou hustotou skladů, jimiž je textilie tvořena, což má vliv na vlnočet (hustotu skladů).

Dílčí cíle práce byly definovány takto:

- Definovat a popsat funkční závislosti parametrů stroje a geometrických parametrů výrobku i vlnočtu.
- Využít získané poznatky k „modelování“ textilií s lokálně definovaným vlnočtem a výškou.
- K ověření platnosti funkčních závislostí navrhnout parametry pro výrobu dvou modelů.
- Dle těchto parametrů vyrobit textilie.
- Ověřit dodržení plánovaných parametrů výrobku.

2. KOLMO KLADENÉ NETKANÉ TEXTILIE

Kolmo kladené netkané textilie patří do skupiny 3D NT neboli tzv. objemných textilií, což jsou vláknenné struktury s nízkou hustotou charakterizované vysokým poměrem tloušťky k hmotnosti vztaženým na jednotku plochy [4], nebo tzv. „bulky“ textilie s hustotou až 100 kg/m^3 (používané např. jako izolace v automobilech). Jednodušeji řečeno jde o takové netkané textilie u nichž nelze zanedbat jejich třetí rozměr – výšku (tloušťku).

Jejich název je odvozen od způsobu skládání pavučiny do vláknenné vrstvy. Pavučina je na rozdíl od horizontálně kladených textilií uložena vertikálně. Z toho je usuzováno, že i vlákna jsou uložena vertikálně k rovině textilie.

Typickými představiteli výrobků z kolmo kladených netkaných textilií jsou výplně přikrývek, spacích pytlů, polštářů či matrací, oděvní výztuže, filtry, tepelné či protihlukové izolace a geotextilie. [4]

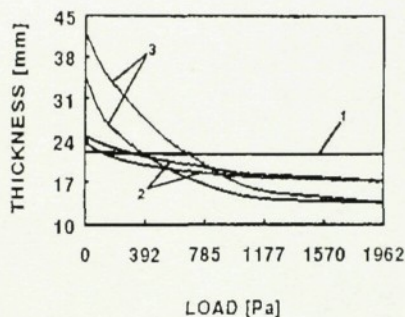
Velmi významným odvětvím využívajícím kolmo kladené netkané textilie je automobilový průmysl, kde tyto textilie tvoří „neviditelné“ části interiéru automobilů. Obzvláště hodně úsilí, bohužel zatím bezúspěšně, bylo vynaloženo k vývoji vláknenné vrstvy, která by nahradila doposud používanou PU pěnu, jejíž nevýhodou je její nedostatečná schopnost recyklace. [4]

Obecně lze říci, že klasickým „materiálem“ k výrobě netkaných textilií jsou rovina s náhodně nebo jednosměrně orientovaných vláken. Ta jsou zpevňována mechanickými procesy (vpichováním), latexovým postřikem nebo horkovzdušným pojením za použití termoplastických pojivých vláken, prášků nebo sráživých vláken. Pro toto, dnes již klasické uspořádání vláken, je charakteristická velká deformace při stlačování výrobku a nízká relaxace po jeho dlouhodobé nebo opakované deformaci. [4]

Zlepšení kompresních vlastností netkaných textilií, tj. především zvýšení kompresního odporu a snížení trvalé deformace, se u kolmo kladených netkaných textilií dosáhlo změnou orientace vláken v rovinu. Vlákna jsou orientována převážně kolmo k rovině textilie. V průběhu užití jsou pak namáhána na počátku deformace na vzpěr a později na ohyb, na rozdíl od vrstev s převážně horizontálně uloženými vlákny, kde jsou vlákna namáhána především na ohyb. [1]

Na následujících obrázcích (*obr. 2. -1. a obr. 2. -2.*) je znázorněno chování kolmo kladených netkaných textilií při namáhání a následné relaxaci, ve srovnání s textilií vyrobenou aerodynamicky, a s PU pěnou. [4]

Obr. 2.-1.: Zatěžovací křivky různých textilií [4]

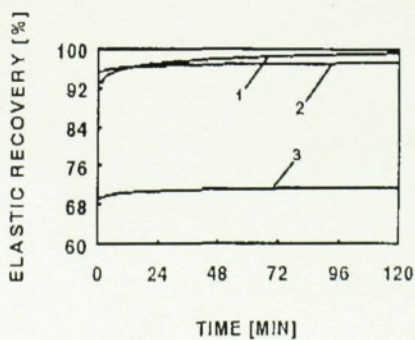


1 – PUR pěna, 30 kg / m^3

2 – kolmo kladená textilie, 600 g / m^3

3 – aerodynamicky vyrobená textilie pojená sprayem, 600 g / m^3

Obr. 2.-2.: Elastické zotavení po opakovaném stlačování na 10 % původní tloušťky [4]



1 – PUR pěna, 30 kg / m^3

2 – kolmo kladená textilie, 600 g / m^3

3 – aerodynamicky vyrobená textilie pojená sprayem, 600 g / m^3

Chování popsané v *obr. 2.-1.* a v *obr. 2.-2.* je přiřítáno specifické struktuře kolmo kladených netkaných textilií.

2.1. Makrostruktura kolmo kladených netkaných textilií

Typickým znakem kolmo kladených netkaných textilií je rouno uspořádané do kolmo formovaných skladů (lamel). Je-li použito pavučiny s podélnou orientací vláken, pak je převážná část vláken v rounu orientována kolmo k rovině textilie. [7] Sklad je považován za jednotku makrostruktury.

K formování rouna do skladů se využívá speciálních kladecích zařízení, viz. *kap. 2.2.2.* Variabilita technologie kolmého kladení spočívá v možnosti měnit zhuštění, výšku a tvar skladů, a to v závislosti na následujících parametrech:

míra zhuštění skladů i je ovlivněna vstupní rychlostí dopravníku v_1 (*obr. 2.2.-1.*)

výstupní rychlostí dopravníku v_2 (*obr. 2.2.-1.*)

$$i = \frac{v_1}{v_2}$$

výška skladů je ovlivněna

□ šířkou mezery mezi dopravníkem a drátovým roštem

frekvencí pohybu kladeče (vibrační kladení)

nebo otáčkami pracovního válce (rotační kl.)

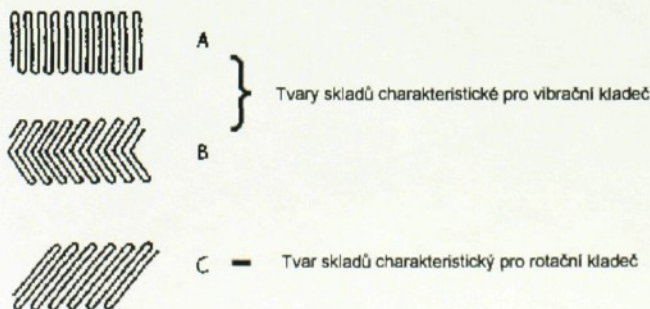
tvar skladů je ovlivněn

geometrií kladeče

□ tvarem pěchovací lišty [7]

Možné tvary skladů ukazuje následující schéma (*obr. 2.1.-1.*):

Obr. 2.1.-1. Schematické znázornění možných tvarů skladů



A = kolmý tvar skladů. Úhel sklonu skladu je 90° .

B = šípovitý tvar skladů. Úhel sklonu skladu je větší než 90°

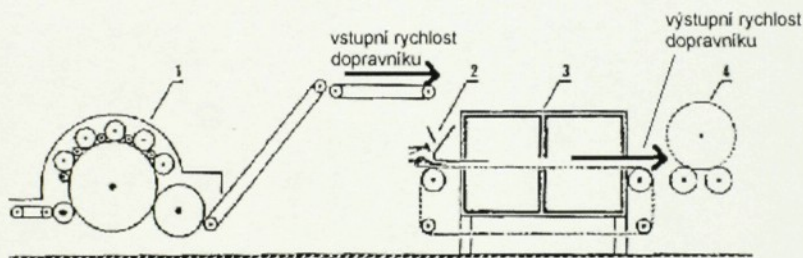
C = šikmý tvar skladů. Úhel sklonu skladu je menší než 90° .

Tvar skladů ovlivňuje chování výrobků při jejich deformaci.

2.2. Popis technologie výroby kolmo kladených netkaných textilií

K výrobě kolmo kladených netkaných textilií slouží např. linka znázorněná na obr. 2.2.-1., která se skládá z válcového mykacího stroje, kolmého kladeče, horkovzdušné pojící komory a navíjecího mechanismu.

Obr. 2.2.-1. Příklad výrobní linky pro výrobu KK NT



- 1 – válcový mykací stroj
- 2 – kolmý kladeč
- 3 – horkovzdušná pojící komora
- 4 – navíjecí mechanismus

Obecně proces výroby zahrnuje:

- přípravu pavučiny
- kolmé kladení
- zpevnění rouna do netkané textilie

Typické parametry pro výrobní linku o šířce 2,2 m jsou :

- šířka teplovzdušné pojící komory 4,5 m
- délka teplovzdušné pojící komory 1,6 m
- energetická spotřeba 30-40 kW

- produkční rychlost až 10 m / min
až 100 kg / hod.

2.2.1. Příprava pavučiny

Vstupní pavučina pro výrobu kolmo kladené netkané textilie se připravuje mykáním. Nejčastěji se tak děje na válcových mykacích strojích.

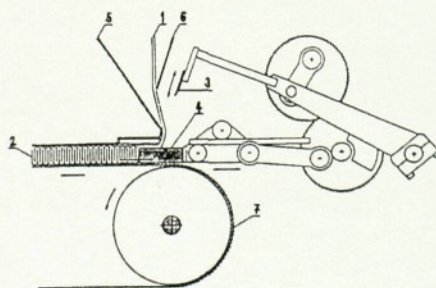
2.2.2. Kolmé kladení pavučiny do rouna

Pro kolmé kladení pavučiny byla vyvinuta dvě zařízení. Vibrační kolmý kladeč a rotační kolmý kladeč.

Vibrační kolmý kladeč

U vibračního kolmého kladeče (obr. 2.2.2.-1.) je shora přiváděná pavučina stahována vibrující pilkou k pohyblivému se dopravníku. Tím se vytvoří sklad pavučiny, který je z hrany pilky sejmut soustavou hladkých jehel, umístěných na spřaženě vibrující pěchovací liště. Sejmutý sklad je pěchovací lištou doražen k tvořícímu se kolmo kladenému rounu, jenž dále postupuje mezi dopravníkem a drátovým roštem. Dopravník odvádí rouno k horkovzdušné pojící komoře.

Obr. 2.2.2.-1. Vibrační kolmý kladeč

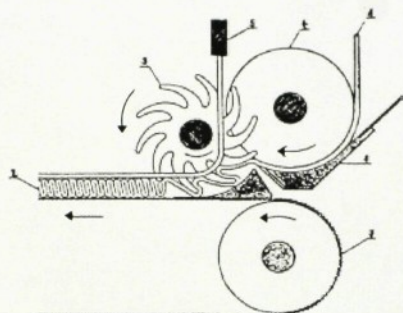


1 – pavučina z mykacího stroje, 2 – kolmo kladené rouno, 3 – kladací pilka, 4 – pěchovací lišta, 5 – drátový rošt, 6 – vodící lišta, 7 – dopravníkový pás horkovzdušné pojící komory

Rotační kolmý kladeč

U rotačního kolmého kladeče (obr. 2.2.2.-2.) je vlákenná pavučina formována kladecím válcem do vln (skladů) a kladena na dopravník, který odvádí rouno k fixaci.

Obr. 2.2.2.-2. Rotační kolmý kladeč



1 – pavučina z mykacího stroje, 2 – kolmo kladené rouno, 3 – zuby pracovního kotouče, 4 – podávací válec, 5 – drátový rošt, 6 – podávací miska, 7- odváděcí pás (dopravník)

2.2.3. Zpevnění kolmo kladených roun

V principu existují tři způsoby zpevňování (fixace) vlákenné vrstvy: termické, chemické a mechanické. Pro zpevňování rouna se při výrobě kolmo kladených netkaných textilií používají termické a mechanické způsoby fixace.

2.2.3.1. Termické pojení – STRUTO technologie

Při termickém pojení se používá vlákenná vrstva připravená ze směsi základních a pojivých vláken. Pro dosažení kvalitního výrobku je velice důležité důkladné promísení obou komponent. Splnění tohoto požadavku se často řeší použitím dvojice mykacích strojů, mezi nimiž je materiál transportován příčným kladečem.

Nejčastěji používanou formou pojiva jsou monokomponentní nebo bikomponentní vlákna. Požadují se od nich specifické vlastnosti:

- vhodná teplota tání vzhledem k tepelné odolnosti základních vláken i k požadavkům na tepelnou odolnost výrobků
- odolnost vůči tepelné a tepelně-oxidační degradaci při teplotě pojení
- nízká sráživost za tepla

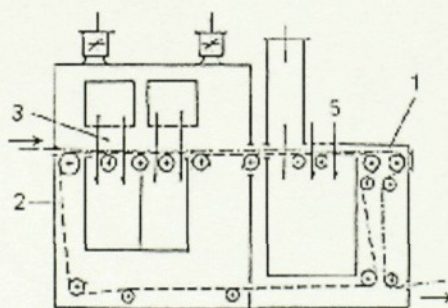
- nízká viskozita taveniny
- dobrá adheze k základním vláknům
- nízký obsah a vhodný typ povrchové preparace

Je však možné použít i jiné formy pojiv, jako např. termoreaktivní prášek, folii nebo mřížku z termoplastického polymeru. Podmínkou termického pojení je propustnost zpracovávané vláknenné vrstvy pro vzduch a proto v případě použití folie je nutno ji perforovat, například zařazením operace vpichování. [1]

Vláknenná vrstva s pojivem prochází horkovzdušnou pojící komorou s cirkulujícím horkým vzduchem. Horký vzduch, jehož teplota je udržována vhodným ohřevným a regulačním systémem na hodnotě postačující k roztavení pojiva, je pomocí ventilátoru proháněn rounem. Teplo je tak velmi rychle transportováno k povrchu všech vláken a k ohřevu rouna dojde mimořádně rychle.

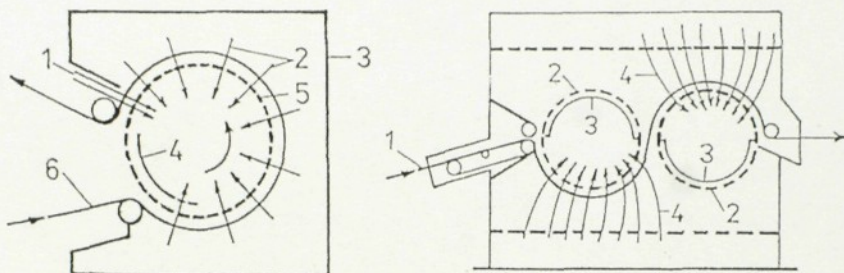
V zásadě se používají horkovzdušné komory s horizontálním síťovým pásem (obr. 2.2.3.1.-1.) a komory s jedním, dvěma nebo více perforovanými bubny (obr. 2.2.3.1.-2.).

Obr. 2.2.3.1.-1.: Teplovzdušná pojící komora s horizontálním síťovým pásem



1 - vláknenná vrstva, 2 - síťový pás, 3 - horký vzduch, 5 - chladný vzduch

Obr. 2.2.3.1.-2.: Teplovzdušná pojící komora s jedním a dvěma bubny



1 – vstup chladicího vzduchu, 2 – horký vzduch,
3 – kryt komory, 4 – clona, 5 – síťový buben,
6 – vlákenná vrstva

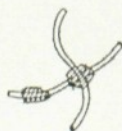
1 – vlákenná vrstva, 2 – síťové bubny,
3 – clony, 4 – proudící horký vzduch

Proces pojení je ovlivněn těmito parametry :

- druhem základních vláken
- druhem a koncentrací pojivých vláken (pojiva)
- teplotou a časem pojení
- rychlostí a množstvím proudícího vzduchu
- přitlakem

Obecně se uvádí, že při termickém pojení pojivy v pevné formě, tj. vlákna, prášky, folie, mřížka, vzniká tzv. aglomerační struktura, v případě bikomponentních vláken struktura bodová. Takové struktury je dosahováno i při termickém pojení kolmo kladených netkaných textilií.

Obr. 2.2.3.1.-3.: Typické tvary spojů při pojení termoplastickými vlákny



a) aglomerační struktura



b) bodová struktura

Aglomerační struktura (obr. 2.2.3.1.-3a) se vyznačuje náhodným a nerovnoměrným rozdělením pojiva. Pojivá fáze pokrývá jen část povrchu vláken, zejména je to v místech jejich vzájemného překřížení nebo se vyskytuje v mezivláknenných prostorách a je nespojitá. Při tepelném zpracování dochází k shlukování pojiva a tvoří se podstatně větší místa spojů, než by odpovídala velikosti místa dotyku vláken. U této struktury může část pojiva ležet mimo oblast nejméně dvou vláken a procesu pojení se neúčastní. [1]

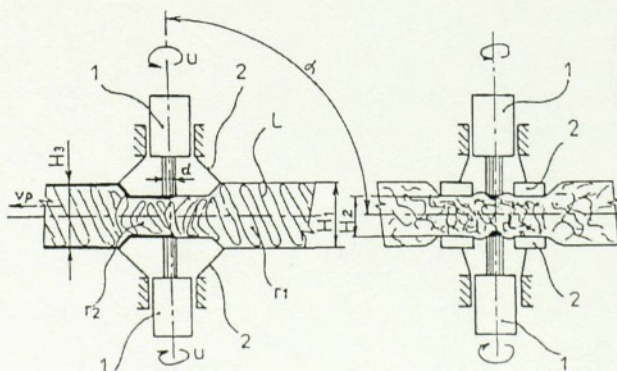
Bodová struktura (obr. 2.2.3.1.-3b) představuje uspořádání pojiva pouze do míst překřížení jednotlivých vláken navzájem se dotýkajících. Bodová struktura je mezním případem struktury aglomerační, za určitých podmínek může vzniknout při použití bikomponentních vláken. [1]

2.2.3.2. Mechanické zpevnění- ROTIS

Mechanické zpevňování kolmo kladeného rouna nazývané ROTIS je založeno na využití tzv. *quasi-příze*, která je tvořena zakrucováním povrchových vláken kolmo kladené rouna.

Quasi-příze vzniká pod rotujícím tělesem, které se pohybuje po povrchu rouna. Rotující těleso zachytává konce vláken a zakrucuje je. Schéma vzniku quasi-příze je na *obr. 2.2.3.2.-1*.

Obr. 2.2.3.2.-1.: Schema tvorby quasi-příze

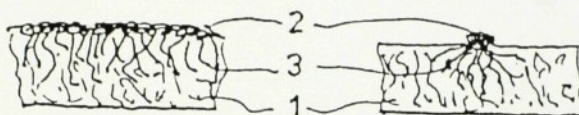


1 – zakrucující ústrojí, 2 – přídržné ústrojí, d – průměr zakrucujícího ústrojí, L – vláknenná vrstva, α – úhel mezi zakrucujícím ústrojím a povrchem vláknenné vrstvy, r_1 – hustota vláknenné vrstvy před

vstupem mezi přídržné ústrojí, r_2 – hustota vlákenné vrstvy mezi přídržným ústrojím, H_1 – vstupní tloušťka vlákenné vrstvy, H_3 – výstupní tloušťka vlákenné vrstvy

Tzv. quasi-příže připomíná „stonožku“ zaklesnutou do vlákenné vrstvy, její tělo je tvořeno zakroucenými vláknými konci a nohy tvoří druhé konce vláken ponořené do vlákenné vrstvy, jak je patrné z *obr. 2.2.3.2.-2.*

Obr. 2.2.3.2.-2.: Vlákná vrstva zpevněná quasi-příží



1 – vlákenná vrstva, 2 – „tělo“ quasi-příže, 3 – vlákenné konce „ponořené“ do vlákenné vrstvy

Kvalitu quasi-příže je ovlivňují následující parametry (*obr. 2.2.3.2.-1*):

- průměr zakrucovacího ústrojí d
- otáčky zakrucovacího ústrojí u
- rychlost pohybu vlákenné vrstvy v_p
- třecí síla mezi povrchem zakrucovacího ústrojí a povrchem vlákenné vrstvy
- úhel mezi zakrucovacím ústrojím a vlákennou vrstvou α
- hustoty vlákenné vrstvy r_1, r_2
- struktura vlákenné vrstvy
- materiálové charakteristiky (odpor proti stlačení, jemnost vláken, pevnost vláken)

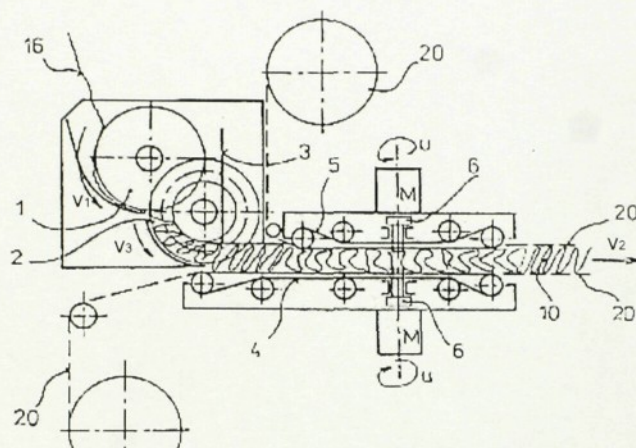
Dlouhodobé testování prokázalo, že nejpevnější quasi-příže se dosahuje při úhlu $\alpha = 90^\circ$.

Technologická modifikace systému ROTIS

Protože kolmo kladená netkaná textilie zpevněná pouze quasi-příží není dostatečně soudržná, musí být zpevňována přidavnými armovacími materiály, nejčastěji to jsou armovací mřížky. Přítomnost mřížky zvyšuje podélnou pevnost textilie. Quasi-příže „přiváže“ mřížku k povrchu rouna. Vzniká spojení kolmých skladů rouna s armovací mřížkou pomocí quasi-příže [2]. Tato technologie se nazývá

ROTIS. Schéma zařízení, které umožňuje přidávat armovací mřížky z obou stran ke kolmo kladenému rounu, je znázorněno na *obr. 2.2.3.2.-3.*

Obr. 2.2.3.2.-3.: Schéma technologie ROTIS



1 - dávkovací kotouč, 2 – kladecí (pracovní) kotouč, 3 – přídržná drátěná mříž, 4,5 – pásové dopravníky, 6 – zakrucující ústrojí, 10 – zpevněné rouno, 20 – zpevňující armující mřížky, 16 – vlákenné rouno přiváděné z mykacího stroje, v_1 a v_3 – obvodové rychlosti, u – otáčky zakrucovacího ústrojí, M – pohon zakrucovacího ústrojí, v_2 – výstupní rychlost

Kolmo kladené rouno 10 je tvořeno tak, že pavučina přiváděná z mykacího stroje je skládána pomocí podávacího kotouče 1, kladecího kotouče 2 a přídržného hřebene 3 do kolmých skladů. Na rouno je z každé strany přiváděna zpevňující armovací mřížka 20 a pomocí zakrucovacího ústrojí 6 vzniká quasi-příže, která spojuje rouno s armovacími textiliemi [5].

2.3. Popis výroby 3D NT s proměnlivou výškou

Myšlenka vyrobit kolmo kladenou NT s členitým povrchem je zcela nová a vychází ze současných možností online řízení a regulace výrobních parametrů stroje. K její realizaci bylo využito již zmíněné makrostruktury kolmo kladené NT. Ta je totiž tvořena velkým počtem skladů („vln“) pavučiny kolmých k ploše textilie. Sklady, jenž mají tvar vlny, tvoří samostatné makrostrukturní jednotky, jejichž geometrické parametry mají vazbu na regulovatelné parametry stroje. Změnou parametrů pracovních částí výrobního zařízení, proto můžeme měnit výšku a hustotu makrostrukturních jednotek – skladů. Vhodným skládáním makrostrukturních jednotek lze vytvořit textilii s proměnlivou výškou nebo s proměnlivou hustotou. Sklad, jako makrostrukturní jednotka, se tak stává i konstrukční jednotkou. Pomocí počítačových řídicích systémů lze celý proces regulace řídit v reálném čase tzv. online způsobem a produkovat tak textilii požadovaných geometrických parametrů a samozřejmě i parametrů mechanicko fyzikálních (kompresní odpor, atd.).

2.3.1. Teoretické aspekty

Je známo že, sklad pavučiny, či jiné vhodné 2D textilie, tvoří základní makrostrukturní a konstrukční jednotku pro tvorbu 3D NT s proměnlivou výškou. Pro snadnější matematický popis konstrukční jednotky se používá sinusoida, kterou lze zhruba nahradit tvar skladu (vlny) pavučiny. To umožňuje charakterizovat každou konstrukční jednotku její amplitudou, frekvencí, případně délkou vlny, čehož se velmi dobře využije k modelování různých typů 3D NT [2].

Vhodným „předpisem změn“ amplitudy a frekvence v průběhu tvarování pavučiny do vlny (skladu) – tj. řízením technologického procesu – lze získat celou řadu specifických výrobků ze zcela odlišným vzhledem i odlišnými vlastnostmi, jako například:

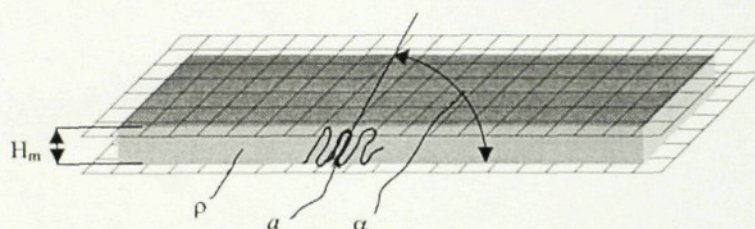
Zůstane-li amplituda vln (i frekvence) při výrobě konstantní, jsou vyráběny výrobky s konstantní tloušťkou (i zaplněním). Model takového výrobku je na obr.:

Je-li amplituda během výroby měněna, jsou vyráběny tzv. 3D NT s proměnlivou výškou, nebo-li zvlněné 3D NT. Zástupce takového výrobku je na obr.: 2.3.1.-2.

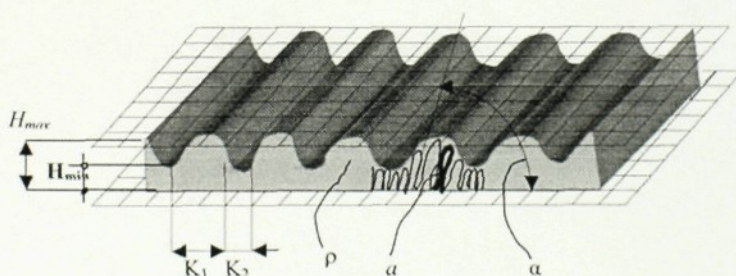
Jestli-že se mění pouze frekvence, jsou produkovány 3D NT, jejichž lokální zaplnění se mění v závislosti na změnách frekvence. Model výrobku, kde se mění frekvence vln strukturních jednotek skokem, je zobrazen na obr.: 2.3.1.-3.

Mění-li se amplituda i frekvence, získáme výrobky s vlastnostmi úměrnými těmto změnám. Jeden z možných modelů výrobku je na obr.: 2.3.1.-4.

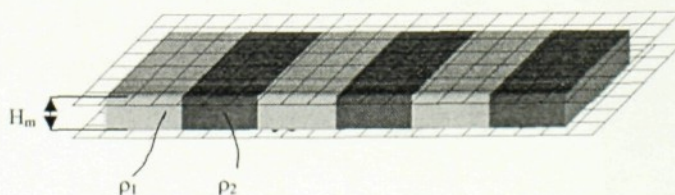
Obr. 2.3.1.-1.: Model výrobku s konstantní amplitudou vln (výškou skladu)



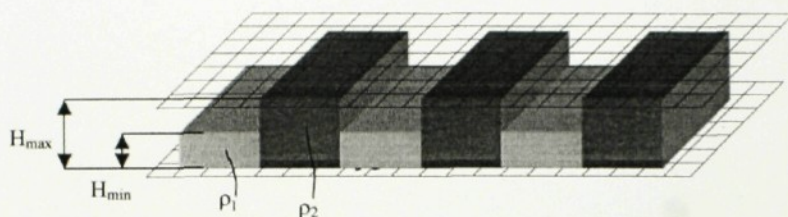
Obr. 2.3.1.-2.: Model výrobku s proměnlivou amplitudou vln (výškou skladu)



Obr. 2.3.1.-3.: Model výrobku se skokovou změnou frekvence vln



Obr. 2.3.1.-4.: Model výrobku s měnící se amplitudou i frekvencí vln (skladů)

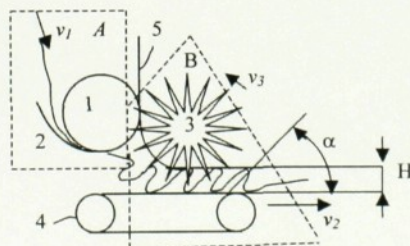


2.3.2. Praktické aspekty

Vlastnosti kolmo kladených textilií s konstantními parametry „vln“ – tj. amplitudou a frekvencí konstrukční (makrostrukturní) jednotky – jsou dnes již téměř prostudovány, jde totiž o technologii cca 15 let starou. Kolmo kladené textilie, či lépe řečeno jejich makrostruktura, s proměnnými parametry strukturních jednotek se studovat teprve začínají a zároveň se studují podmínky možné výroby.

Předpokladem pro výrobu takových textilií je již v mé diplomové práci několikrát zmíněný vyšší stupeň řízení a regulace výrobního procesu, který umožňuje plynule ovládat rychlosti pracovních prvků výrobního stroje, jehož schéma znázorňuje obr. 2.3.2.-1.

Obr. 2.3.2.-1.: Schéma rotačního kladecího stroje



1 – podávací kotouč, 2 – pánev, 3 – ozubený kladecí kotouč, 4 – dopravník,
 5 – vodičí hřeben, v_1 – vstupní rychlost pavučiny, v_2 – výstupní rychlost rouna,
 v_3 – obvodová rychlost pracovního kotouče 3, H – výška rouna

Systém stroje se skládá ze dvou podsystémů: „Podsystém dodávky“ (A) přivádí pavučinu konstantní rychlostí k dalšímu podsystému (B), jenž jí skládá do „vln“ a současně stlačuje na patřičnou hustotu – vlnčet vln ρ [2].

Podsystém (A) se skládá z podávacích kotoučů 1 a pánve 2, podsystém (B) je tvořen kladecími ozubenými kotouči 3, dopravníkem 4 a hřebenem 5. Charakteristickým rysem na tomto zařízení vyrobené struktury je sklon vlny (skladu) α , který se koná v intervalu $60^\circ - 90^\circ$ (viz. obr.: 2.3.1.-1.), a podélné rýhování, jež je způsobeno ozubenými kotouči na pracovním válci 3.

Základním principem výroby 3D NT s proměnlivou výškou a vlnčetem je poznatek, že výšku H výrobku lze regulovat změnou otáček (obvodové rychlosti v_3) kladecího ozubeného kotouče 3 a vlnčet ρ , resp. plošnou hmotnost výrobku, lze regulovat výstupní rychlostí v_2 dopravníku 4 [2].

2.3.3. Vztahy mezi parametry stroje, konstrukční jednotky a výrobku

Význam části parametrů použitých ve vztazích potřebných k popisu modelu 3D NT předem definované výšky, plošné hmotnosti, počtu „vln“ na jednotku délky (vlnčtu ρ) i pro popis technologie je patrný už z obrázků 2.3.1.-1 až 2.3.1.-5..

Označíme-li další potřebné parametry a konstanty, kde:

v_1 – vstupní rychlost pavučiny [m/s];

v_2 – výstupní rychlost dopravníku 2 [m/s];

v_3 – obvodová rychlost pracovního válce [m/s];

A – rozteč zubů na pracovním válci 3 [m];

d_3 – průměr pracovního válce 3 [m];

n_3 – otáčky pracovního válce 3 [1/s];

z – počet zubů pracovního válce [1];

α - úhel sklonu „vlny“ [$^\circ$];

a – délka „vlny“ (skladu) [m];

H – výška výrobku [m];

g_p – plošná hmotnost pavučiny [kg/m^2];

γ – hustota výrobku [kg/m^3];

ρ – vlnčet [počet „vln“ na délku 1 m],

lze stanovit základní relace např. takto [2]:

$$\text{Výška výrobku } H \qquad H = \frac{a}{2} \sin \alpha \qquad (1)$$

$$\text{Obvodová rychlost pracovního kotouče} \qquad v_3 = \pi d_3 n_3 = A z n_3 \qquad (2)$$

$$\text{Délka vlny} \qquad a = \frac{v_1}{z n_3} = \frac{A v_1}{v_3} \qquad (3)$$

$$\text{z (1), (2) a (3) plyne} \qquad H = \frac{A v_1}{2 v_3} \sin \alpha \qquad (4)$$

z rovností hmotnosti dodaného polotovaru (pavučiny) a hmotnosti výrobku za jednotku času

$$v_1 l g_p = v_2 l \gamma H \qquad (5)$$

$$\text{plyne} \qquad H = \frac{v_1}{v_2} \frac{g_p}{\gamma} \qquad (6)$$

$$\text{z (4) a (6) pak} \qquad v_3 = \frac{A \gamma v_2}{2 g_p} \sin \alpha \qquad (7)$$

Počet „vln“ na 1 m (vlnčet ρ) je s použitím (2)

$$\rho = \frac{z n_3}{v_2} = \frac{v_3}{A v_2} \qquad (8)$$

z (7) a (8)

$$\rho = \frac{\gamma}{2 g_p} \sin \alpha \qquad (9)$$

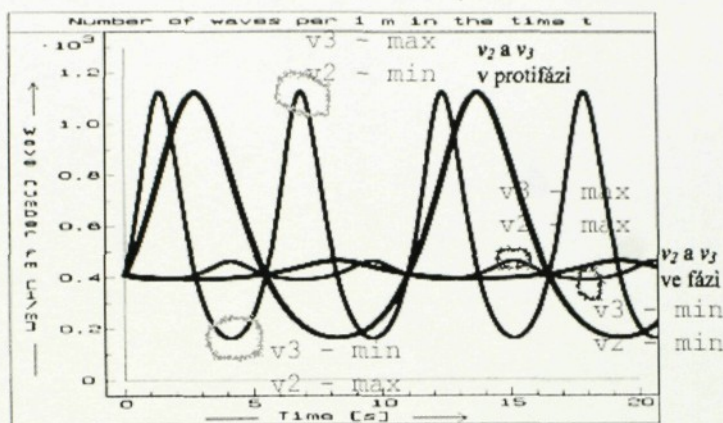
Důležitá podmínka, již je nutno v každém případě dodržet:

$$v_1 > v_3 \text{ a } v_1 > v_2$$

2.3.4. Průběh vlnočtu

Příklady možného průběhu vlnočtu jsou znázorněny na *obr. 2.3.4.-1.* Jde o periodické kolísání vlnočtu ρ , přičemž vstupní rychlost v_1 je konstantní a rychlosti v_2 i v_3 se mění dle sinusoidy. K výpočtu byl použit vztah (8).

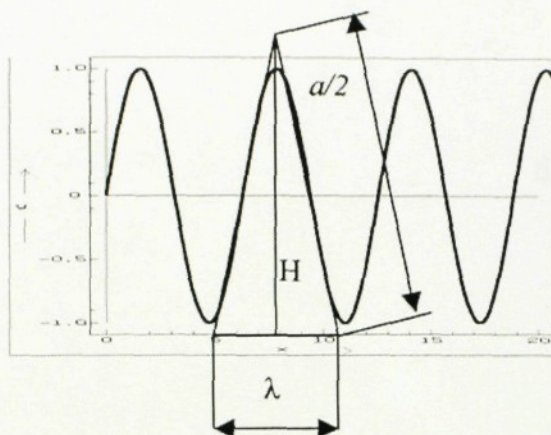
Obr.: 2.3.4.-1.: Graf změny vlnočtu v čase



Změna rychlostí v_2 a v_3 se může odehrávat podle takřka libovolné funkce a takéž i průběh vlnočtu. Hlavním omezením ovšem zůstává konstantní přísun vstupního materiálu. Jsou-li v_2 i v_3 v protifázi dochází k větší oscilaci vlnočtu, než je-li v_2 a v_3 ve fázi. Z obr.: 2.3.4.-1 jsou patrné základní vazby (8) mezi rychlostmi v_2 i v_3 a vlnočtem ρ . Jestliže jsou například v_2 a v_3 v protifázi, znamená to, že je-li okamžitá obvodová rychlost pracovního válce v_3 pro danou textilií minimální - to má za následek dle vztahu (3) a (4) tvorbu maximálně dlouhých a vysokých „vln“ (skladů) nejmenší rychlostí, okamžitá výstupní rychlost naopak dosahuje svého maxima a způsobuje maximální „roztáhnutí“ takto vytvořených „vln“ $\Rightarrow$ ve výrobku vzniká místo dle vztahu (8) s nejnižším počtem „vln“(skladů) na jednotku délky textilie – vlnočtem ρ . Naopak, je-li v_3 maximální, pracovní válec tvoří nejkratší a nejnižší „vlny“ největší rychlostí. Výstupní rychlost v_2 je zároveň nejnižší, což vede k největšímu zhuštění skladů $\Rightarrow$ vzniká místo v textilií s nejvyšším vlnočtem ρ .

Další souvislosti vlnočtu a především hmotnosti výrobku jsou zřejmé z postupu podle obr. 2.3.4.-2., kde je „vlna“ pavučiny pro zjednodušení výpočtu nahrazena odvěsnami trojúhelníka, jejichž délka je rovna $a/2$. Výška trojúhelníka je shodná s výškou výrobku.

Obr. 2.3.4.-2.:



Za předpokladu, že

$$a = \frac{v_1}{f}, \quad \lambda = \frac{v_2}{f}, \quad \frac{v_1}{v_2} = i, \quad \rho = \frac{1}{\lambda}, \quad (10)$$

lze psát

$$a = \frac{i}{\rho} \text{ a } \lambda = \frac{1}{\rho} \quad (11)$$

z obr.: 7 platí

$$\left(\frac{a}{2}\right)^2 = \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 + H^2 \quad (12)$$

po dosazení z (10) a (11)

$$\left(\frac{i}{2\rho}\right)^2 = \left(\frac{1}{2\rho}\right)^2 + H^2 \quad (13)$$

odtud

$$H = \sqrt{\frac{i^2 - 1}{4\rho^2}}, \quad \rho = \sqrt{\frac{i^2 - 1}{4H^2}}, \quad i = \sqrt{4H^2\rho^2 + 1} \quad (14)$$

z předchozího pak

$$v_2 = \frac{v_l}{i}, \quad v_3 = \frac{\rho A v_l}{i}, \quad (15)$$

kde mimo již uvedené veličiny:

λ - vlnová délka [m],

f - frekvence skládaného prvku [Hz],

i - zhuštění [1].

Parametr i charakterizuje „zaplnění“ výrobku hmotou, jinak také zhuštění pavučiny do výrobku. Ze vztahů (13) je zřejmé, že změna vlnočtu ρ dle obr. 2.3.4.-1. povede ke změně zhuštění i a tím ke změně hmoty v určité lokalitě výrobku. Lokální změna hmoty ve výrobku vede ke změně většiny jeho lokálních vlastností, např. ke změně jeho kompresních vlastností, prodyšnosti apod..

2.3.5. Předpokládané vlastnosti 3D NT s proměnlivou výškou

Výrobky s konstantní amplitudou „vln“ a konstantním vlnočtem, tudíž s konstantní výškou a zhuštěním, mají již své místo na trhu. Jsou známi pod názvem např. „Santa fleece“ nebo „Struto“ [4]. Vyznačují se především vyšším kompresním odporem a údajně nižšími trvalými deformacemi v porovnání s výrobky, ve kterých jsou vlákna v rounu orientována horizontálně nebo nahodile.

Výrobky s proměnlivou amplitudou skladů se vyvíjí a studují. Předpokládá se, že si lokálně zachovají všechny výhody výrobků s konstantní amplitudou (výhody vyplývající z vertikální polohy vláken), budou se však jistě lišit v průběhu deformační křivky a v redistribuci tlaku mezi zatěžovacím tělesem a „zvlněnou“ podložkou. Odlišnosti se předpokládají také v prodyšnosti. Členitý povrch 3D NT s proměnlivou výškou nabízí jisté výhody při aplikaci v akustických izolacích nebo v textiliích určených k čištění povrchů. Při stejné plošné hmotnosti lze vyrobit „vlnitou“ textilií s větší tloušťkou $H_{\max}$ a tak se nabízí její výhodné využití jako výplňkové textilie. Laminace „vlnitých“ textilií umožní výrobu dutých výrobků, vhodných pro tepelné izolace, a neobvyklý dezén se nabízí k využití pro dekorativní účely [3].

3. POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ NT S PROMĚNLIVOU VÝŠKOU A VLNOČTEM

Co si lze pod pojmem „modelování“ vlastně představit? Obecně platí, že modelování znamená vytváření návrhu, tedy předlohy, výrobku či uměleckého vytvoření. V případě NT s proměnlivou výškou a vlnočtem je modelování výrobku omezeno z důvodu samotné výrobní technologie na vhodnou kombinaci konstrukčních jednotek textilie - „vln“ neboli skladů.

Jednotlivé „vlny“ jsou definovány (jak bylo v minulých kapitolách zmíněno) svými základními parametry: výškou (amplitudou) H a vlnovou délkou λ . Površky vrcholů „vln“ tvoří „zvlněnou“ plochu povrchu textilie. Je-li požadován určitý tvar povrchu, jenž lze matematicky popsat, je třeba textilii „poskládat“ s konstrukčních jednotek tak, aby vrcholové části skladů tento tvar vytvořili. V praxi je to zajištěno kontinuálně řízenou změnou výšek skladů. Na délku vlny λ konstrukční jednotky má vliv jak rychlost odváděcího pásu, tak samotná výška vlny. To je dáno konstantním přísunem pavučiny (konst. rychlost v_f).

V dalších kapitolách bude uvedeno několik modelů „zvlněné“ textilie a také základní principy řízení funkčních částí stroje tak, aby vznikly požadované tvary povrchů.

3.1. Vybrané teoretické modely 3D NT s proměnlivou výškou a jejich výrobní parametry

Pro studii byly vybrány celkem tři modely s odlišně definovaným povrchem: model s trojúhelníkovým profilem, model s profilem hradby a model s profilem hyperbol. Pro každý model jsou vždy zpracovány jeho varianty s konstantním a proměnlivým vlnočtem.

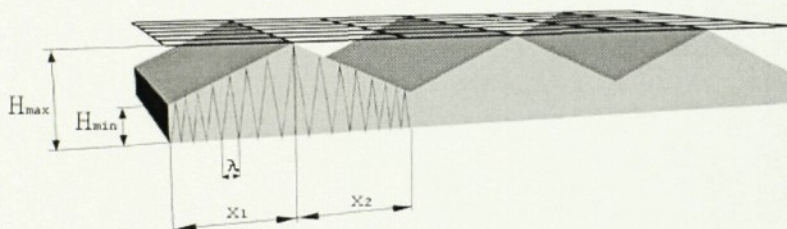
3.1.1. Model s trojúhelníkovým profilem v podélném řezu

Jak už sám nadpis napovídá, „zvlněný“ povrch tohoto modelu je tvořen sklady, jejichž výška střídavě lineárně roste a klesá. Tvoří tzv. trojúhelníkový profil

textilie, jenž je zvláště dobře patrný v podélném řezu textilie nebo při bočním pohledu na textilií, viz *obr. 3.1.1.1.-1.*

V této kapitole jsou uvedeny celkem dva modely výrobku zachovávající tento tvar povrchu. Oba modely se liší průběhem svých vlnočtů, první model je tvořen sklady, jejichž vlnová délka (vlnočet - ρ) se mění, druhý model pracuje s konstantním vlnočtem (tedy vlnovou délkou- λ). Zjednodušující převedení tvaru každého skladu na trojúhelník zůstává základním předpokladem, jehož dodržení dovoluje k výpočtům použít vztahy mezi geometrií modelu a parametry stroje uvedené v kapitole 2.3.

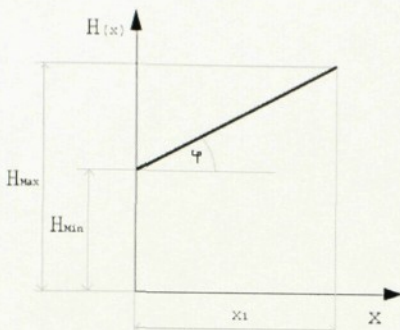
3.1.1.1. Model s trojúhelníkovým profilem a s proměnlivým vlnočtem



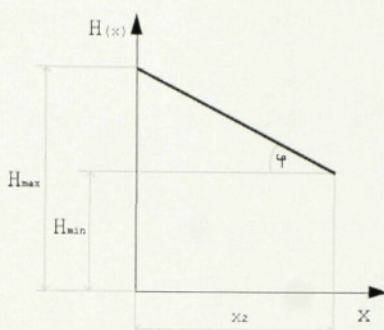
Obr. 3.1.1.1.-1

Základní veličiny, které definují vnější geometrii modelu s trojúhelníkovým profilem, jsou patrné z *obr. 3.1.1.1.-1.* Je to maximální výška textilie H_{max} , minimální výška textilie H_{min} , délka úseku s lineárně rostoucí výškou x_1 a délka úseku s lineárně klesající výškou x_2 .

Na *obr. 3.1.1.1.-2.* a *3.1.1.1.-3.* je zachycena lineární závislost kladené výšky textilie H na dráze x , kterou urazí odváděcí pás.



Obr. 3.1.1.1.-2.



Obr. 3.1.1.1.-3.

V prvním úseku textilie x_1 (obr. 3.1.1.1.-2.) roste výška $H(x)$ dle vztahu pro lineární funkci:

$$H(x) = k_1 x + H_{\min}, \quad (16)$$

kde k_1 je směrnice funkce a je rovna

$$k_1 = \operatorname{tg} \varphi = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{x_1}, \quad (17)$$

příčměž x_1 je délka úseku s rostoucí výškou skladu a φ - úhel sklonu povrchu.

Vztah pro výpočet okamžité výšky skladu je podle (4) roven

$$H = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2v_3}.$$

Výška skladu je tedy závislá na rychlosti kladecího válce v_3 , protože ostatní veličiny (výrobní parametry) uvedené ve vztahu (4) jsou konstantní a předem dané.

Ze vztahů (16) a (4) vyplývá rovnost

$$k_1 x + H_{\min} = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2v_3}, \quad (18)$$

okamžitá rychlost v_3 je proto rovna

$$v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(k_1 x + H_{\min})}. \quad (19)$$

Znamená to, že aby výška skladu rostla v úseku x_1 lineárně, musí rychlost v_3 s rostoucí vzdáleností x klesat dle funkce lineárně lomené.

Analogický postup získání vztahu pro v_3 použijeme i pro úsek x_2 , kde výška skladů lineárně klesá (obr. 3.1.1.1.-3).

$H(x)$ pro x_2 potom je

$$H(x) = H_{\max} - k_2 x \quad (20)$$

a směrnice k_2 se vypočte dle vztahu (17), avšak x_1 v něm nahradí x_2 .

S použitím (4) a (20) získáváme vzorec pro v_3 :

$$v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(H_{\max} - k_2 x)}, \quad (21)$$

zde v_3 se zvětšující se vzdáleností x roste tak, aby výška skladů $H(x)$ mohla lineárně klesat až do chvíle, kdy dosáhne výšky $H_{\min}$ a odváděcí pás urazí dráhu x_2 .

Tak lze podle výšky H v závislosti na dráze uražené odváděcím válcem řídit rychlost v_3 kladecího válce v úsecích x_1 a x_2 . Tento model však nemá konstantní vlnočet ρ , což je v tomto konkrétním případě způsobeno konstantní rychlostí odváděcího pásu v_2 , jenž splňuje podmínku: $v_1 > v_3 > v_2$. Například s rostoucí výškou skladu H (úsek x_1) se kladecí válec zpomaluje (klesá v_3), což při konstantní rychlosti v_2 má za následek tvorbu čím dál menšího počtu vyšších skladů. Vlnočet ρ se tedy zmenšuje s rostoucí výškou H . To v sobě zahrnuje vzorec (8) pro výpočet vlnočtu (uvedený již v kap. 2.3.):

$$\rho = \frac{v_3}{Av_2} \quad (8)$$

po dosazení za v_3 dostáváme:

- ze vztahu (19) pro úsek x_1 $\rho(x) = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2(k_1 x + H_{\min})} \quad (22)$

- ze vztahu (21) pro úsek x_2 $\rho(x) = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2(H_{\max} - k_2 x)}. \quad (23)$

Ukázka průběhu rychlosti v_3 a vlnočtu ρ na modelu 3D NT

Model 3D NT s trojúhelníkovým profilem a proměnlivým vlnočtem lze definovat například těmito hodnotami geometrických a výrobních parametrů:

$$H_{\max} = 0,04 \text{ m},$$

$$H_{\min} = 0,02 \text{ m},$$

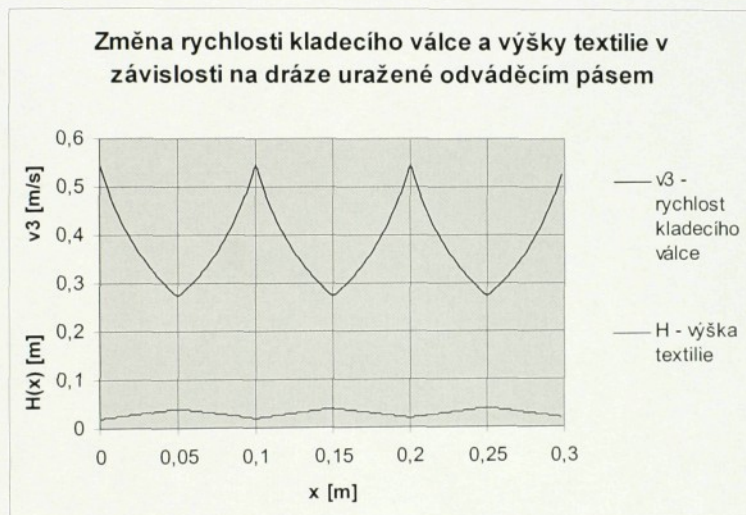
$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m},$$

$$v_2 = 0,03 \text{ m/s}, v_1 = 0,6 \text{ m/s},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ, k = k_1 = k_2 = 0,4.$$

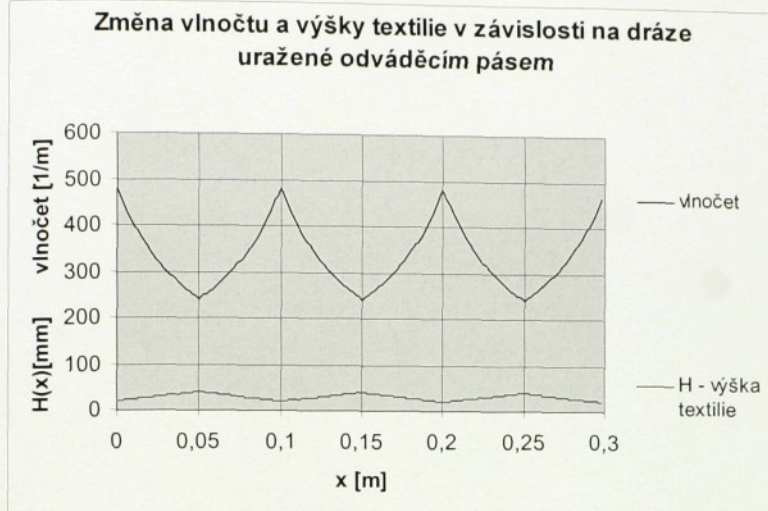
V tomto případě, kdy je v_2 konstantní, je třeba regulovat dle vztahů (19) a (21) jediný parametr stroje a tím je obvodová rychlost kladecího válce v_3 . Jak je třeba rychlost v_3 regulovat, abychom získali trojúhelníkový profil textilie je zachyceno na grafu 1.

Graf 1.:



V grafu 1 a 2 je pro lepší představu uveden i průběh výšky podélného profilu.

Graf 2.:



Změna vlnočtu ρ obecně je závislá jak na změně rychlosti pracovního válce v_3 , tak na změně rychlosti odváděcího pásu, jak je zřejmé ze vztahu (8). U tohoto modelu však jen na změně v_3 , protože v_2 je konstantní. Graf 2 jasně ukazuje, jak vlnčet s rostoucí výškou H klesá dle lineárně lomené funkce [6] a naopak se zmenšující se výškou dle této funkce roste.

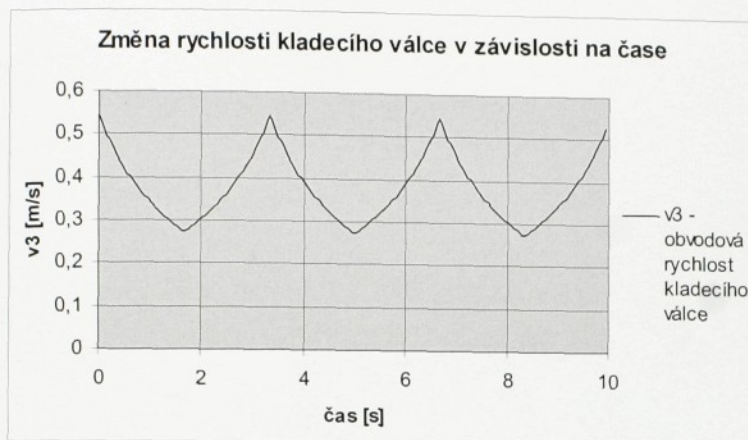
Průběh v_3 můžeme však při konstantní v_2 jednoduše vztáhnout k času, což nám umožňuje regulovat rychlost kladacího válce bez použití snímacího zařízení na stroji, které měří posuv odváděcího pásu (dráhu x). Vzorec pro $v_3(t)$ pak je:

$$\bullet \quad v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(kv_2 t + H_{min})}, \text{ pro úsek } x_1 \quad (24)$$

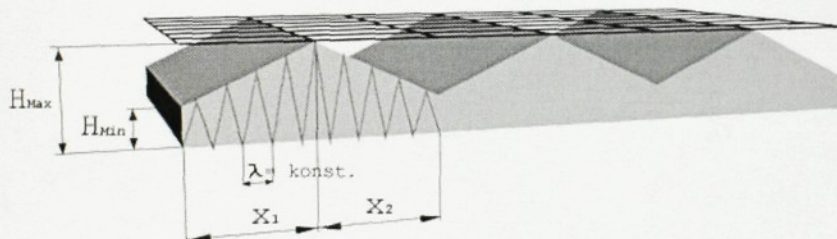
$$\bullet \quad v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(H_{max} - kv_2 t)}, \text{ pro úsek } x_2. \quad (25)$$

Příklad takového průběhu je uveden v grafu 3.

Graf 3:



3.1.1.2. Model s trojúhelníkovým profilem a konstantním vlnočtem



Obr.: 3.1.1.2.-1.

U modelu s konstantním vlnočtem se rychlost kladecího válce v_3 řídí stejnými vzorci (19) a (21) jako u modelu s proměnlivým vlnočtem, což je dáno stejným průběhem výšky skladů $H(x)$ v úsecích x_1 a x_2 . Platí tedy opět

- pro úsek x_1 vztah (19):
$$v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(kx + H_{\min})},$$
- pro úsek x_2 vztah (21):
$$v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2(H_{\max} - kx)}.$$

Na rozdíl od předešlého modelu však není konstantní veličinou rychlost odváděcího dopravního pásu v_2 , ale počet skladů na jednotku délky textilie – vlnočť ρ . Ze vztahu (8) poté úpravou vzniká vztah pro okamžitou v_2 :

$$v_2 = \frac{v_3}{A\rho}. \quad (26)$$

Rychlost v_2 proto není daná jen vlnočtem ρ , ale ovlivňuje ji i měnící se rychlost v_3 v úsecích x_1 a x_2 (19),(21):

- pro x_1
$$v_2(x) = \frac{v_1 \sin \alpha}{2\rho(kx + H_{\min})} \quad (27)$$

- pro x_2
$$v_2(x) = \frac{v_1 \sin \alpha}{2\rho(H_{\max} - kx)} \quad (28)$$

Má-li být vlnočten ρ konstantní, pak je třeba rychlostí v_2 „kompenzovat“ změnu rychlosti produkce skladů, jež je dána střídavým růstem či zmenšováním výšky skladů dle geometrie modelu - v_2 je lineárně závislá na v_3 viz. (26).

Ukázka průběhu rychlostí v_3 a v_2 na modelu 3D NT

Model 3D NT s trojúhelníkovým profilem a konstantním vlnočtem lze definovat například těmito hodnotami geometrických a výrobních parametrů:

$$H_{\max} = 0,04 \text{ m},$$

$$H_{\min} = 0,02 \text{ m},$$

$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m},$$

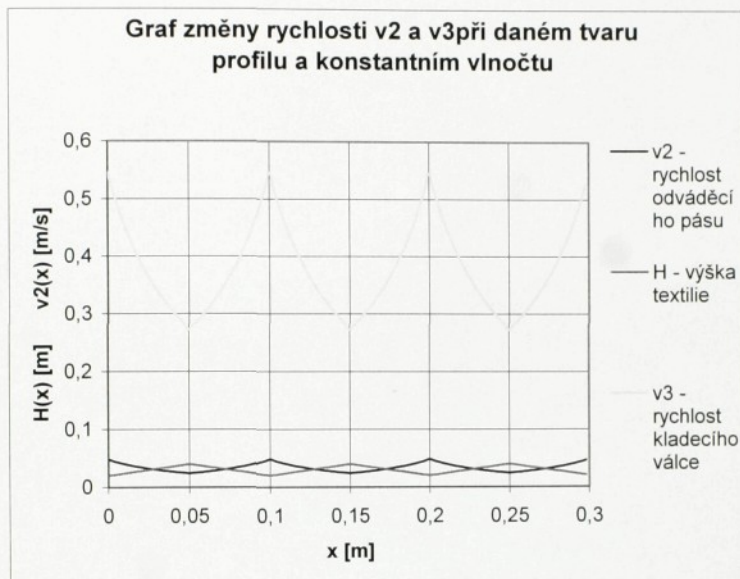
$$\rho = 300 \text{ m}^{-1},$$

$$v_1 = 0,6 \text{ m/s},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ, k = 0,4.$$

Změny rychlosti v_3 a v_2 potřebné k vytvoření námi definovaného modelu daných parametrů plynou ze vztahů (19), (21) a (27), (28). Tyto závislosti jsou graficky znázorněny v *grafu 4*.

Graf 4:



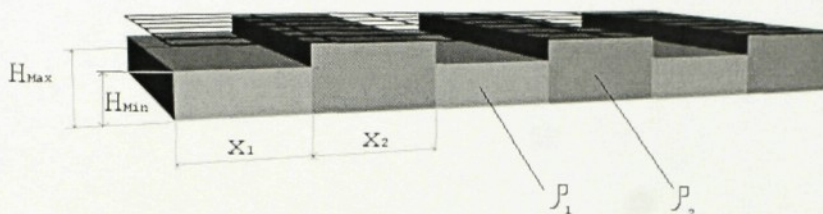
Roste-li výška skladů po přímce (lineárně), v_3 a v_2 klesá po hyperbolách (lineární lomená funkce) a naopak.

Takovéto řízení stroje, kdy v_2 není konstantní a je závislé na měnící se rychlosti v_3 , se nedá zajistit bez snímače uražené dráhy odváděcího pásu.

3.1.2. Model s profilem „hradby“ v podélném řezu

„Zvlněný“ povrch tohoto modelu je tvořen úseky textilie, které mění svou výšku skokově a tak vytvářejí tzv. profil „hradby“. Uvnitř jednotlivých úseků zůstává zachována stálá výška skladů. V této kapitole jsou studovány dva modely totožného profilu, jenž se liší průběhy svých vlnočtů. V prvním případě je vlnočet ρ proměnlivý ($v_2 = \text{konst.}$) a v druhém konstantní.

3.1.2.1. Model s profilem “hradby” a proměnlivým vlnočtem



Obr.3.1.2.1.-1.

Tento model je popsán z geometrického hlediska délkou úseku x_1 s konstantní výškou H_{min} a délkou úseku x_2 s konstantní výškou textilie H_{max} . Ze vztahu (4) proto získáme dvě různé rychlosti v_3 :

- pro úsek x_1
$$v_3 = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{min}}, \quad (29)$$

- pro úsek x_2
$$v_3 = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{max}}, \quad (30)$$

Je zřejmé, že v úsecích, kde se nemění výška H , se nemění ani odpovídající rychlost pracovního válce. Tam, kde se výška změní skokem, proběhne i změna rychlosti v_3 skokem. Odváděcí rychlost v_2 se po celou dobu nemění, zůstává konstantní, což má v důsledku vliv na vlnočet ρ , jenž je v místě úseku x_1 vyšší než v úseku x_2 . Jeho změna nastává též skokově. Vlnočet je tedy dán dosazením vztahů (29) a (30) do vztahu (8):

- pro úsek x_1
$$\rho = \frac{v_3}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2 H_{min}}, \quad (31)$$

- pro úsek x_2
$$\rho = \frac{v_3}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2 H_{max}}, \quad (32)$$

Ukázka průběhu rychlosti v_3 a vlnočtu ρ na konkrétním modelu 3D NT

Geometrické a výrobní parametry modelu jsou:

$$H_{max} = 0,04 \text{ m},$$

$$H_{min} = 0,02 \text{ m},$$

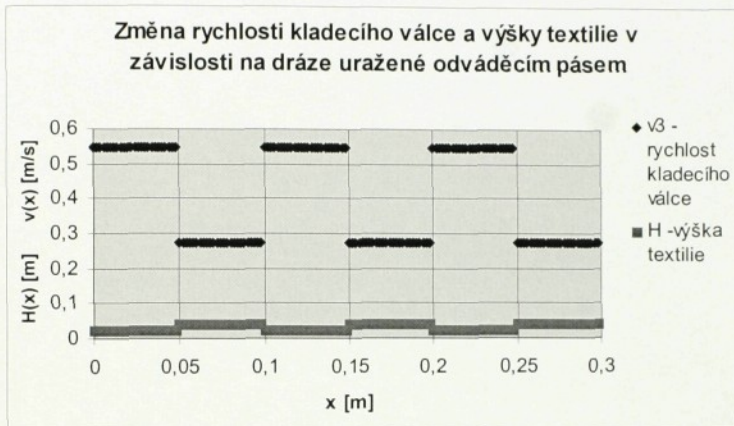
$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m},$$

$$v_1 = 0,6 \text{ m/s}, v_2 = 0,03 \text{ m/s},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ.$$

Změny rychlosti kladecího válce a vlnočtu graficky prezentují grafy 5, 6 a 7.

Graf 5:



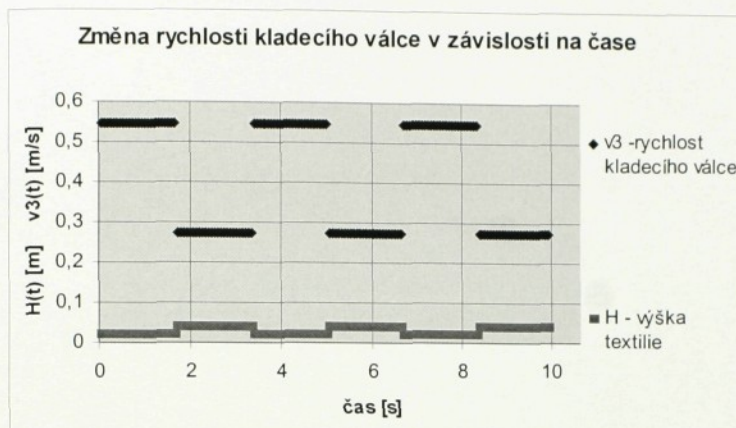
Vzhledem k tomu, že v_2 je konstantní, můžeme změny v_3 a vlnočtu ρ vztáhnout k jednotce času (graf 6) a psát:

$$x_1 = v_2 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{x_1}{v_2}, \quad (33)$$

$$x_2 = v_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{x_2}{v_2}. \quad (34)$$

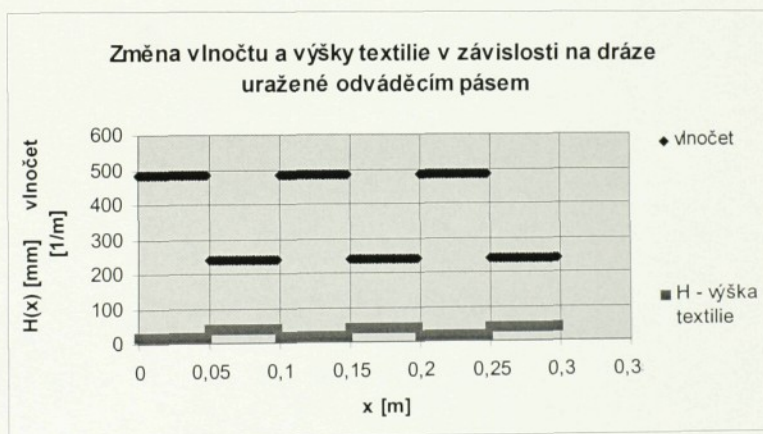
Nastavení rychlosti v_3 kladecího válce pro úsek x_1 poté zůstává po dobu t_1 , pro úsek x_2 zůstává po dobu t_2 .

Graf 6:

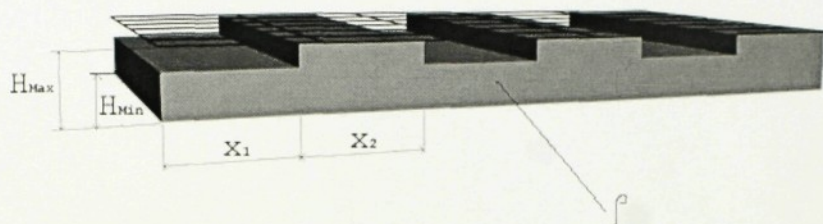


Změnu vlnočtu znázorňuje graf 7:

Graf 7:



3.1.2.2. Model s profilem “hradby” a konstantním vlnočtem



Obr.: 3.1.2.2.-1.

Model textilie na obr. 3.1.2.2.-1. má v každém svém místě stejnou hustotu skládů (vlnočet), mění se jen výška textilie v úsecích x_1 a x_2 .

Hodnoty v_3 v úsecích x_1 a x_2 jsou shodné s modelem s proměnlivým vlnočtem, vztahy (29) a (30).

Z konstantního vlnočtu vyplývají úpravou (31) a (32) dvě různé rychlosti odváděcího pásu v_2 :

- v úseku x_1
$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{2\rho H_{\min}} \quad (35)$$

- v úseku x_2
$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{2\rho H_{\max}} \quad (36)$$

Ukázka průběhu rychlosti v_3 a vlnočtu ρ na modelu 3D NT

Geometrické a výrobní parametry modelu jsou:

$$H_{\max} = 0,04 \text{ m},$$

$$H_{\min} = 0,02 \text{ m},$$

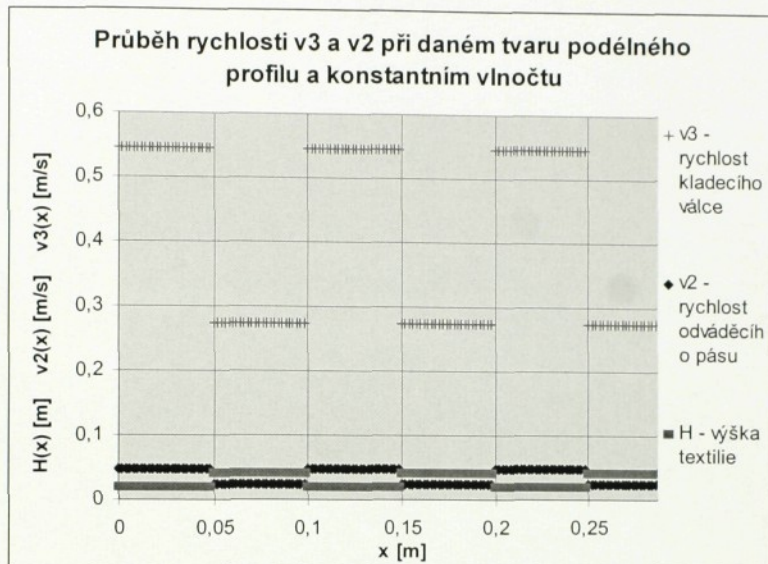
$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m},$$

$$v_1 = 0,6 \text{ m/s}, \rho = 300 \text{ m}^{-1},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ.$$

Změny rychlosti kladecího válce a odváděcího pásu graficky prezentuje grafy 8.

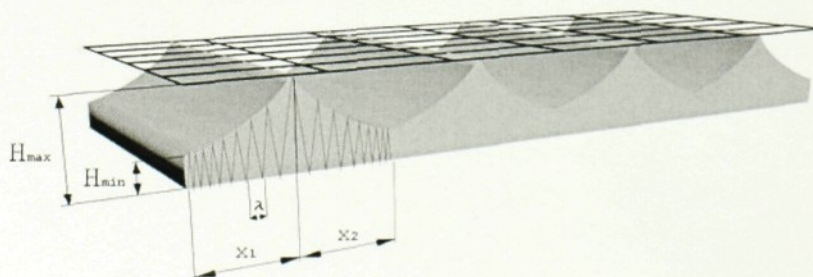
Graf 8:



3.1.3. Model s profilem střídajících se hyperbol v podélném řezu

Charakteristickým rysem tohoto modelu je výška textilie střídavě klesající a rostoucí po hyperbolických křivkách, jež jsou dány lineárně lomenými funkcemi. Modely s tímto profilem budou opět dva, s proměnným a konstantním vlnočtem.

3.1.3.1. Model s profilem střídajících se hyperbol a proměnlivým vlnočtem



Obr. 3.1.3.1.-1.:

Vnější geometrie modelu textilie (obr. 3.1.3.1.-1.) je definována maximální výškou textilie H_{max} , minimální výškou textilie H_{min} , délkou úseku x_1 , délkou úseku x_2 a způsobem jakým výška textilie v obou úsecích roste a klesá. U tohoto modelu je výška textilie funkčně závislá na vzdálenosti x uražené odváděcím pásem dle lineárně lomené funkce. Abychom zajistili tuto závislost, musí být vzorec pro výpočet okamžité výšky ve tvaru lineární lomené funkce [6]:

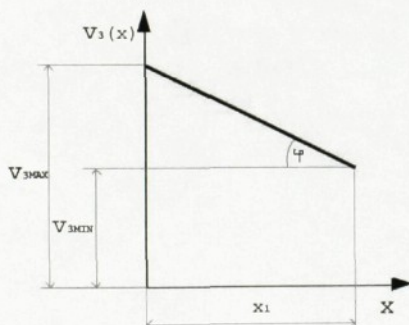
$$H(x) = r + \frac{s}{x+t}, \text{ kde } r, s, t \text{ jsou konstanty a musí platit, že } x \neq -t, \quad (37)$$

$H(x) = r$ je rovnice asymptoty rovnoběžné s osou x a $x = -t$ je rovnice asymptoty rovnoběžné s osou H .

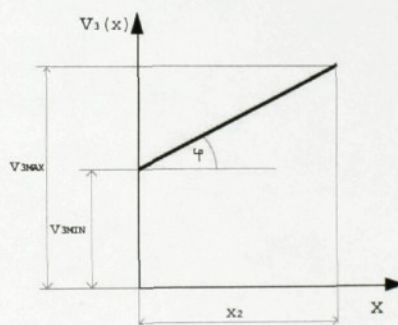
Chceme-li takovouto funkci získat, stačí do upraveného vztahu (4)

$$H(v_3) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2v_3} = \frac{Av_1 \sin \alpha}{v_3} \quad (38)$$

dosadit v_3 , jenž je lineárně závislé na x :



Obr.: 3.1.3.1.-2.



Obr.: 3.1.3.1.-3.

- pro úsek x_1 (obr. 3.1.3.1.-2.) dle funkce..... $v_3(x) = v_{3MAX} - kx$, (39)

- pro úsek x_2 (obr. 3.1.3.1.-3.) dle funkce..... $v_3(x) = kx + v_{3MIN}$, (40)

v_{3MAX} a v_{3MIN} se potom vyjádří ze vztahu (4)

$$v_{3MAX} = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}}, \quad (41)$$

$$v_{3MIN} = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}}, \quad (42)$$

směrnice k je v případě $x_1 = x_2$ pro oba úseky shodná a je rovna

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{v_{3MAX} - v_{3MIN}}{x_1} = \frac{v_{3MAX} - v_{3MIN}}{x_2},$$

po dosazení za v_{3MAX} a v_{3MIN} z (41) a (42)

$$k = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_1} = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2}. \quad (43)$$

Vyjádříme-li závislosti (39) a (40) po dosazení (41),(42) a (43), získáme konečné vztahy pro rychlost v_3 kladecího válce:

- pro úsek x_1 $v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}} - \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_1}x$ (44)

- pro úsek x_2 $v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2}x + \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}}$ (45)

Dosazením (44) a (45) do (38) dostaneme požadovanou lineární lomenou funkci odpovídající vztahu (37) pro výšku textilie H závislou na dráze x uražené odváděcím pásem:

- pro úsek x_1 $H(x) = \frac{-\frac{H_{MAX}H_{MIN}x_1}{H_{MAX} - H_{MIN}}}{x - \frac{H_{MAX}x_1}{H_{MAX} - H_{MIN}}}$ (46)

, kde $-\frac{H_{MAX}H_{MIN}x_1}{H_{MAX} - H_{MIN}} = s, -\frac{H_{MAX}x_1}{H_{MAX} - H_{MIN}} = t, r = 0,$

- pro úsek x_2 $H(x) = \frac{\frac{H_{MAX}H_{MIN}x_2}{H_{MAX} - H_{MIN}}}{x + \frac{H_{MIN}x_2}{H_{MAX} - H_{MIN}}}$ (47)

, kde $\frac{H_{MAX}H_{MIN}x_2}{H_{MAX} - H_{MIN}} = s, \frac{H_{MIN}x_2}{H_{MAX} - H_{MIN}} = t, r = 0$

Vztahy (46) a (47) je ověřen předpoklad, že lineární závislost rychlosti kladecího válce v_3 na dráze uražené odváděcím pásem x (39,40) skutečně vede k růstu výšky skladů po hyperbole na úseku x_1 (46) a zmenšování výšky skladů po hyperbole na úseku x_2 (47). Můžeme proto pro řízení rychlosti kladecího válce v_3 použít vztahy (44) a (45).

Vlnočet ρ bude u tohoto modelu kolísat, jelikož rychlost odváděcího pásu v_2 zůstane při výrobě konstantní. Jakým způsobem se tak bude dít, nám ukazuje vztah pro výpočet okamžité hodnoty vlnočtu (8), do kterého dosadíme za v_3 vztahy (44) a (45):

$$\bullet \text{ v úseku } x_1 \dots \dots \rho(x) = \frac{v_3(x)}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MIN} v_2} - \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_1 v_2} x \quad (48)$$

$$\bullet \text{ v úseku } x_2 \dots \dots \rho(x) = \frac{v_3(x)}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_2 v_2} x + \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MAX} v_2} \quad (49)$$

Ze vztahu (48) je zřejmé, že vlnočet ρ v úseku textilie x_1 lineárně klesá a v úseku x_2 lineárně roste (49).

Ukázka průběhu rychlosti v_3 a vlnočtu ρ na modelu 3DNT

Geometrické a výrobní parametry modelu jsou:

$$H_{max} = 0,04 \text{ m,}$$

$$H_{min} = 0,02 \text{ m,}$$

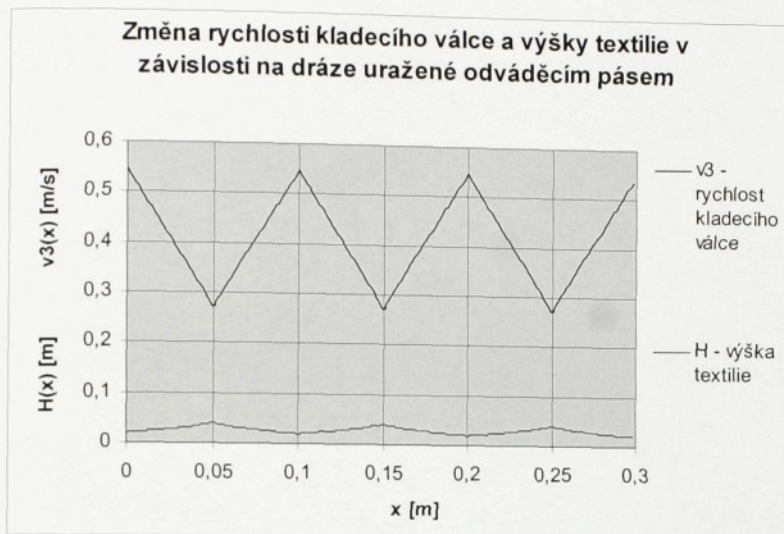
$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m,}$$

$$v_2 = 0,03 \text{ m/s, } v_1 = 0,6 \text{ m/s,}$$

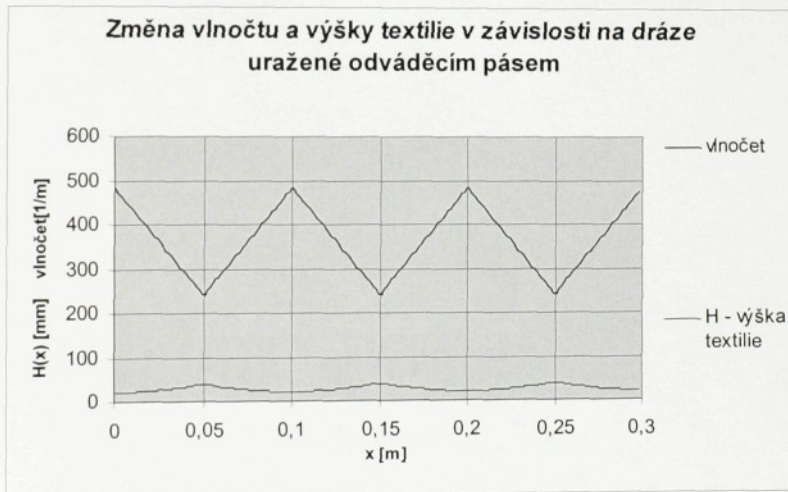
$$A = 0,0377 \text{ m, } \alpha = 75^\circ.$$

Vznik daného modelu je podmíněn regulací rychlosti kladecího válce v_3 dle vztahů (44) a (45), což ukazuje *graf 9*. Změna vlnočtu probíhá dle vztahů (48) a (49) a je znázorněna v *grafu 10*. V obou grafech je pro názornost vynesena i změna výšek textilie.

Graf 9:



Graf 10:



Průběh v_3 můžeme však při konstantní v_2 jednoduše vztáhnout k času, což nám umožňuje regulovat rychlost kladecího válce bez snímacího zařízení na stroji, jež by měřilo posuv odváděcího pásu (dráhu x). Vzorec pro $v_3(t)$ pak je:

- pro úsek $x_1, \dots$
$$v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}} - \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_1} v_2 t$$

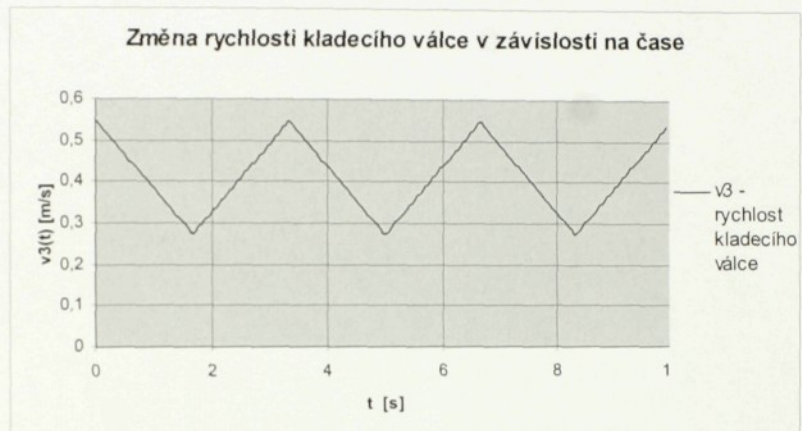
(50)

$$\bullet \text{ pro úsek } x_2 \dots v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2} v_2 t + \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}}$$

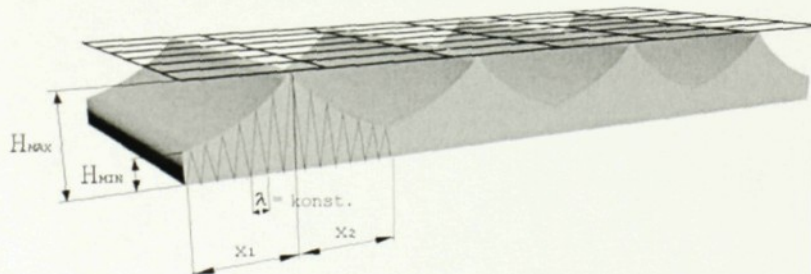
(51)

Řízení rychlosti kladecího válce v_3 v závislosti na čase ukazuje graf 11.

Graf 11:



3.1.3.2. Model s profilem střídajících se hyperbol a konstantním vlnočtem



Obr.: 10

U modelu s konstantním vlnočtem se rychlost kladecího válce v_3 řídí stejnými vzorci (44) a (45) jako u modelu s proměnlivým vlnočtem, což je dáno stejným průběhem změny výšky skladů $H(x)$ v úsecích x_1 a x_2 . Opět tedy platí:

$$\bullet \text{ pro úsek } x_1 \text{ vztah (44): } v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}} - \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_1} x$$

- pro úsek x_2 vztah (45):
$$v_3(x) = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2}x + \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}}$$

Konstantního vlnočtu ρ se docílí vhodnou regulací rychlosti odváděcího pásu v_2 . Rychlost v_2 je vyjádřena ze základního vztahu pro výpočet vlnočtu (8):

$$v_2(x) = \frac{v_3(x)}{A\rho}. \quad (52)$$

Dosazením (44) a (45) za v_3 do vztahu (52) jsou získány vztahy pro změnu rychlosti v_2 :

- pro úsek x_1 :
$$v_2(x) = \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}\rho} - \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_1\rho}x \quad (53)$$

- pro úsek x_2 :
$$v_2(x) = \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2\rho}x + \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}\rho} \quad (54)$$

Rychlost odváděcího pásu v_2 je při konstantním vlnočtu ρ lineárně závislá na rychlosti kladecího válce v_3 , bude proto stejně jako v_3 v úseku x_1 lineárně klesat a v úseku x_2 lineárně růst.

Ukázka průběhu rychlosti v_3 a v_2 na modelu 3D NT

Geometrické a výrobní parametry modelu jsou:

$$H_{max} = 0,04 \text{ m},$$

$$H_{min} = 0,02 \text{ m},$$

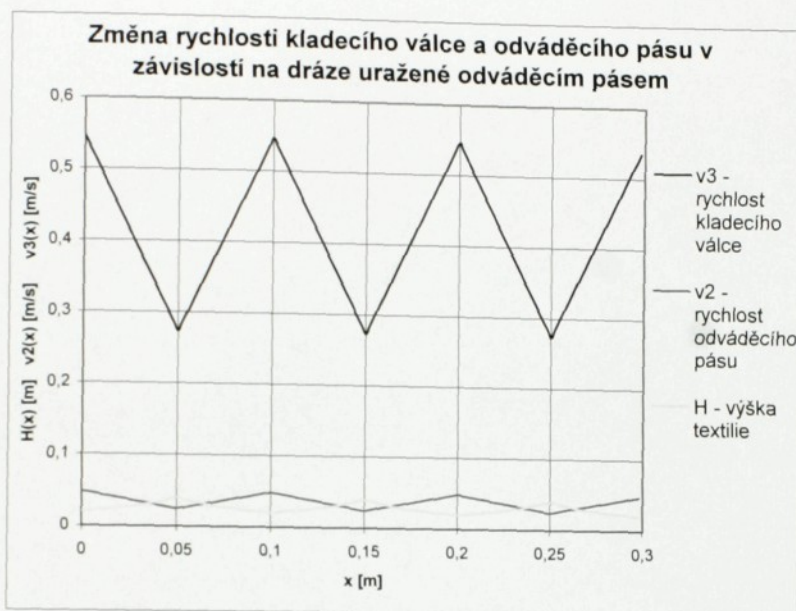
$$x_1 = x_2 = 0,05 \text{ m},$$

$$v_1 = 0,6 \text{ m/s}, \rho = 300 \text{ m}^{-1},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ.$$

Vznik daného modelu je podmíněn regulací rychlosti kladecího válce v_3 dle vztahů (44), (45), a souběžně řízenou změnou rychlosti odváděcího pásu v_2 dle vztahů (53), (54). Vše zachycuje *graf 12*, kde je zakreslena i změna výšky textilie.

Graf 12:



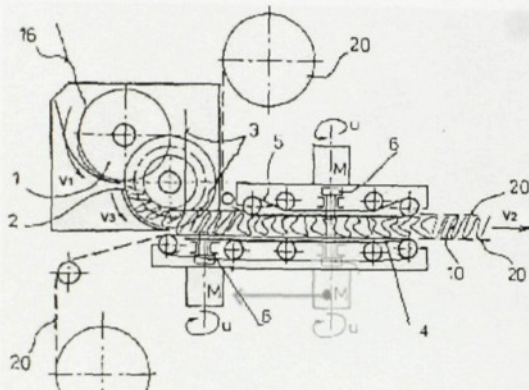
3.2. Platnost a omezení matematických vztahů použitých k řízení výroby 3D NT s proměnlivou výškou

Výše popsané matematické závislosti vycházejí z geometrických parametrů výrobku ($H(x)$, ρ) a parametrů stroje (v_3 , v_2 , v_l , A , atd.). Vzhledem k tomu, že při matematickém modelování dochází nutně k zjednodušení jevů, případně i k zanedbání určitých veličin, které při výrobě textilie existují, lze očekávat odchylky mezi „plánovanými“ a skutečnými parametry výrobku.

Jedním z nejvíce patrných jevů je deformace skladů vlivem dosud pevně dané výšky vodícího drátového roštu nad odváděcím pásem (obr. 3.2.-1.). Při „klasickém“ postupu výroby (3D NT s konstantní výškou) se tyto části stroje nastaví na konstantní výšku, která nejlépe plní snímací a přidržovací funkci. V případě výroby textilií s proměnlivou výškou je ovšem fixní vzdálenost mezi odváděcím pásem a drátovým roštem na škodu. Když je lokální výška skladů menší než tato vzdálenost, může docházet k deformaci těchto skladů vlivem jejich snahy vyplnit celý prostor mezi roštem a pásem. Často dojde k spojení několika menších skladů v jeden vyšší,

který tento prostor vyplní. Tím se však zhorší struktura a pořadí vytvořených konstrukčních jednotek (skladů), což vede k odchylce od požadovaného tvaru povrchu textilie či vlnočtu. Podobný problém nastává i v případě produkce skladů s větší lokální výškou než je vzdálenost mezi roštem a odváděcím pásem. Zde nastává situace, kdy jsou sklady roštem deformovány a to buď tak, že se ohnou nebo se „roztáhnou“ – zvětší se jejich vlnová délka – do míst s menším zaplněním (vlnočtem ρ).

Obr. 3.2.-1.: Schéma systému ROTIS – rotační kladec a posunuté zakrucovací ústrojí



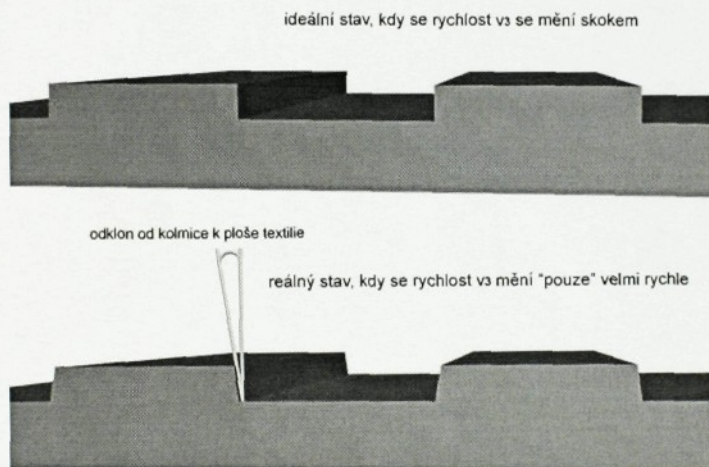
1 – podávací válec, 2 – kladecí válec, 3 – drátový rošt, 4, 5 – pásové odváděcí dopravníky, 6 – zakrucovací ústrojí, 10 – zpevněná vlákenná vrstva, 16 – vstupní vlákenný materiál, 20 – armovací mřížka, v_1 – vstupní rychlost materiálu, v_3 – obvodová rychlost kladecího válce, v_2 – výstupní rychlost výrobku (rychlost odváděcích pásov), u – otáčky zakrucovacího ústrojí, M – pohon zakrucovacího ústrojí

Možnosti, jak těmto jevům zabránit, spočívají především v zásahu do dosavadního konstrukčního řešení strojů pro rotační kladení a následné zpevnění textilie. V případě mechanického zpevňování quasi-přízemi (systémem ROTIS) spočívá řešení v posunutí spodní zakrucovací jednotky co nejblíže k místu tvorby skladů, tedy hned za kladecí válec (znázorněno na obr. 3.2.-1.). Vznikající struktura skladů je tak okamžitě přichycena k napnuté armovací mřížce, což zamezí následné změně vlnové délky skladů λ či spojování skladů. Další možností jak zabránit deformaci skladů vlivem pevného nastavení drátového roštu (hřebene) je vybavit stroj pohyblivým drátovým roštem (hřebenem), který během fixace rouna quasi-přízi kopíruje jejich výšku. V neposlední řadě je tu i možnost drátový rošt zkrátit a pod

odváděcí pás instalovat nasávací pneumatický systém, který zde vytvoří podtlak, a tak přidrží rouno na odváděcím pásu a zároveň ho přitlačí na zakrucovací ústrojí.

Matematické modely textilie s proměnlivou výškou (zvláště model uvedený v kap. 3.1.2.) neberou v úvahu také nemožnost uskutečnit skokovou změnu rychlosti kladecího válce a rychlosti odváděcího pásu. Elektromotory pohánějící kladecí válec totiž nejsou schopny takovou změnu v praxi realizovat. Pro výrobu je toto omezení zanedbáváno. V praxi se to projeví např. u modelu s profilem „hradby“ (kap.: 3.1.2.). Strany „hradeb“ pak ve skutečnosti nejsou z výše popsaných důvodů kolmé k ploše textilie, ale jsou vůči ní poněkud nakloněny (obr. 3.2.-2.).

Obr. 3.2.-2.:



Další omezení matematických modelů vychází ze skutečnosti, že k nastavení okamžité rychlosti kladecího válce v_3 a odváděcího pásu v_2 dochází při výše popsaném modelování textilií s proměnlivou výškou a s konstantním vlnočtem vždy současně (při stejné hodnotě uražené dráhy x). To odpovídá ideální situaci, kdy vzniká sklad určité výšky a ve stejný okamžik je pokládán na odváděcí pás. Ve skutečnosti však sklad definované výšky vzniká ještě před tím, než je položen na odváděcí pás. Rychlost odváděcího pásu v_2 se změní dříve než je na pás položen odpovídající sklad. V důsledku toho změna rychlosti odváděcího pásu nezajistí dokonale konstantní vlnočty.

Aby se takovéto „předběhnutí“ změny rychlosti v_2 vůči změně rychlosti v_3 eliminovalo, je nutné místo dodávky pavučiny do kladecího válce posunout co nejbližší k odváděcímu pásu. To nelze uskutečnit bez zásahů do konstrukce stroje. Lze však předpokládat, že v praxi bude tímto způsobem vzniklé kolísání vlnočtu velmi malé a je možné ho zanedbat.

V neposlední řadě je nutno zmínit fakt, že v této diplomové práci uvedené matematické modely nepracují s tloušťkou vstupního materiálu. Ta je zanedbávána. V případě „tlustšího“ vstupního materiálu či v případě výroby textilie s vysokými hodnotami vlnočtu (velkým zhuštěním skladů) se toto zanedbání může projevit deformací výrobku a lokální vlnočty ρ nebude dodržen.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem experimentální části diplomové práce je:

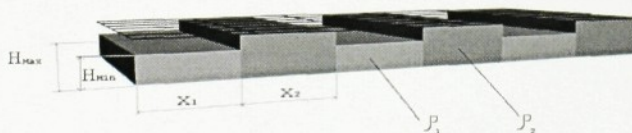
- K ověření platnosti funkčních závislostí navrhnout parametry pro výrobu dvou modelů 3D NT.
- Dle těchto parametrů textilie vyrobit.
- Ověřit dodržení plánovaných parametrů výrobu.

4.1. Návrh výrobních parametrů pro vybrané modely 3D NT

Pro ověření funkčních závislostí mezi výrobními parametry (v_3 , v_2) a geometrickými parametry výrobku (H_{max} , H_{min} , x_1 , x_2 , ρ) je vybrán model s profilem „hradby“ (viz. *kap. 3.1.2.1.*) a model s profilem střídajících se hyperbol (viz. *kap. 3.1.3.1.*). Oba modely jsou charakterizovány proměnlivým vlnočtem ρ ($v_2 = konst.$).

Modely byly zvoleny na základě současného stavu řídicího systému, který ještě není vybaven senzory měřící dráhu uraženou odváděcím pásem. Řídící jednotka může průběhy rychlosti kladecího válce v_3 a odváděcích pásů v_2 řídit zatím jen v závislosti na čase. Proto byly vybrány modely s proměnlivým vlnočtem ρ , kde není potřeba řídit průběh rychlosti odváděcího pásu v_2 , protože v_2 zůstává konstantní.

4.1.1. Model s profilem „hradby“ a proměnlivým vlnočtem



Obr. 4.3.1.-1.

Geometrické a výrobní parametry modelu vyrobeného v experimentu jsou:

$$H_{max} = 0,030 \text{ m}, H_{min} = 0,020 \text{ m}, x_1 = x_2 = 0,113 \text{ m}$$

$$v_1 = 0,1010 \text{ m/s}, v_2 = 0,0218 \text{ m/s},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ.$$

Obvodová rychlost v_3 kladecího válce je pro danou výšku skladu H :

- v úseku x_1 konstantní dle vztahu (29): $v_3 = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{\min}} = 0,0943 \text{ m/s}$
- v úseku x_2 konstantní dle vztahu (30): $v_3 = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{\max}} = 0,0606 \text{ m/s}$

Jelikož řídicí jednotka mění rychlost v_3 v závislosti na čase, je nutné spočítat dle vztahů (33, 34) za jaký čas urazí odváděcí pás úseky x_1 a x_2 :

$$x_1 = v_2 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{x_1}{v_2} = 5,2 \text{ s}$$

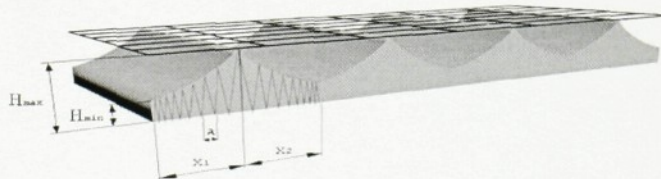
$$x_2 = v_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{x_2}{v_2} = 5,2 \text{ s}$$

Nastavení rychlosti v_3 kladecího válce pro úsek x_1 poté zůstává po dobu t_1 , pro úsek x_2 zůstává po dobu t_2 .

Vlnočet ρ je:

- v úseku x_1 konstantní dle vztahu (31): $\rho = \frac{v_3}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2 H_{\min}} = 114,74 \text{ m}^{-1}$
- v úseku x_2 konstantní dle vztahu (32): $\rho = \frac{v_3}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2v_2 H_{\max}} = 73,74 \text{ m}^{-1}$

4.1.2. Model s profilem střídajících se hyperbol a proměnlivým vlnočtem



Obr. 4.3.2.-1.

Geometrické a výrobní parametry modelu vyrobeného v experimentu jsou:

$$H_{\max} = 0,030 \text{ m}, H_{\min} = 0,020 \text{ m}, x_1 = x_2 = 0,066 \text{ m}$$

$$v_1 = 0,1010 \text{ m/s}, v_2 = 0,0187 \text{ m/s},$$

$$A = 0,0377 \text{ m}, \alpha = 75^\circ.$$

Vznik daného modelu je podmíněn regulací obvodové rychlosti kladecího válce v_3 dle vztahů (50) a (51), viz. *graf 13*:

- pro úsek x_1 $v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MIN}} - \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_1} v_2 t$
- pro úsek x_2 $v_3(t) = \frac{Av_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_2} v_2 t + \frac{Av_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}}$

Jelikož řídicí jednotka opět mění rychlost v_3 v závislosti na čase, je nutné spočítat dle vztahů (33, 34) za jaký čas urazí odváděcí pás úseky x_1 a x_2 :

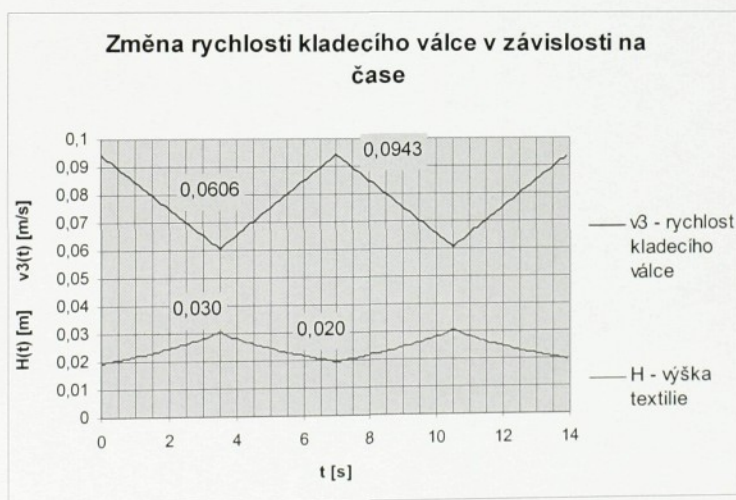
$$x_1 = v_2 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{x_1}{v_2} = 3,5 \text{ s}$$

$$x_2 = v_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{x_2}{v_2} = 3,5 \text{ s}$$

Průběh změny rychlosti v_3 kladecího válce pro úsek x_1 poté zůstává po dobu t_1 a pro úsek x_2 zůstává po dobu t_2 .

V *grafu 13* jsou popsány funkční hodnoty lokálních maxim a minim rychlosti v_3 a výšky H .

Graf 13:



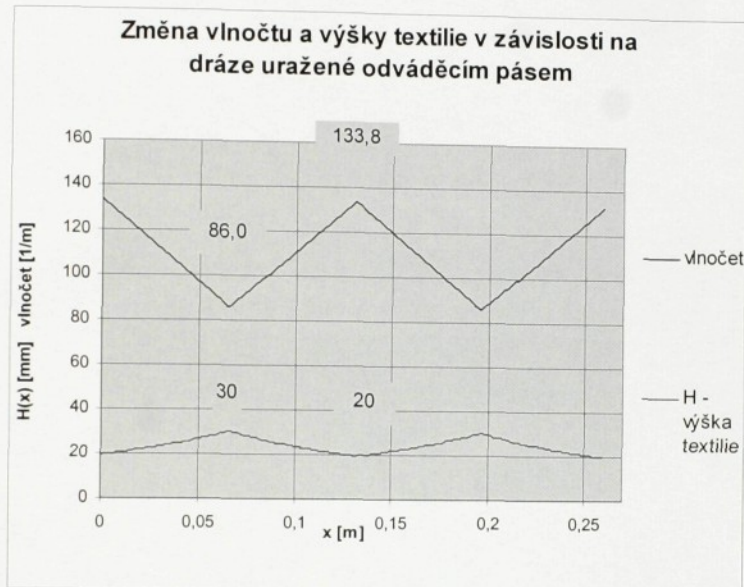
Vlnocet ρ u tohoto modelu kolísá, jelikož rychlost odváděcího pásu v_2 zůstává při výrobě konstantní. Děje se tak dle vztahů (48) a (49):

- v úseku x_1 $\rho(x) = \frac{v_3(x)}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MIN} v_2} - \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX} H_{MIN} x_1 v_2} x$

- v úseku $x_2 \dots \dots \rho(x) = \frac{v_3(x)}{Av_2} = \frac{v_1 \sin \alpha (H_{MAX} - H_{MIN})}{2H_{MAX}H_{MIN}x_2v_2}x + \frac{v_1 \sin \alpha}{2H_{MAX}v_2}$

Průběh vlnočtu ρ zachycuje graf 14, kde jsou popsány funkční hodnoty lokálních minim i maxim vlnočtu a výšky textilie.

Graf 14:



4.2. Výroba modelů

Realizace experimentální části předpokládala úpravu výrobního zařízení. Bylo nutné učinit několik zásahů do konstrukce linky (viz. kap. 4.2.1.) a vybavit výrobní zařízení novou elektroinstalací (viz. kap. 4.2.2.), která umožňuje jeho tzv. online řízení.

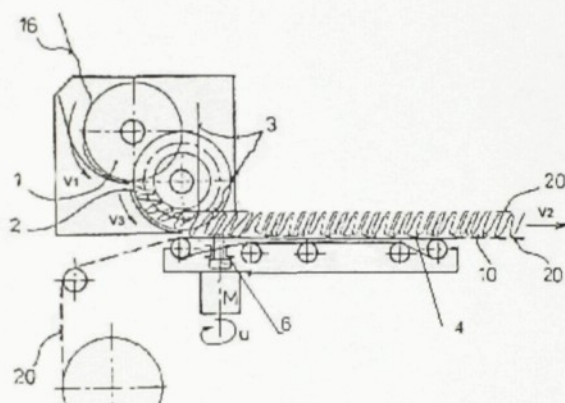
4.2.1. Schéma výrobního zařízení

Vzorky 3D NT jsou vyrobeny technologií kolmého kladení rouna (viz. kap. 2.2.2.) nebo jiného vstupního materiálu (např. vpichované NT) na rotačním kladecím stroji, který je doplněn mechanickým zpevňovacím zařízením ROTIS (viz. kap. 2.2.3.2.). To zpevňuje povrch kolmo kladeného rouna zakrucováním povrchových vláken do tzv. quasi-příže. V tomto případě je pod kolmo kladené rouno přidávána

armovací mřížka, která je quasi-přízí „přivázána“ k povrchu rouna, čímž se zlepší podélná pevnost výrobku a fixace skladů.

Nutné změny provedené v konstrukci výrobní linky (pozměněná linka *obr. 4.2.1.-1.*, původní linka *obr. 2.2.3.2.-3.*) spočívají v posunutí spodního zakrucovacího ústrojí systému ROTIS blíže kladecímu válci a v úpravě tvaru zakrucujících elementů (*obr. 4.2.1.-2.*). Další úpravou je zkrácení drátěného roštu (hřebene) a odebrání horního zakrucovacího ústrojí. Tyto změny mají zabránit deformaci skladů (viz. *kap. 3.2.*).

Obr. 4.2.1.-1.: Schéma upravené rotačního kladce a agregátu ROTIS



1 - dávkovací kotouč, 2 - kladecí (pracovní) kotouč, 3 - přídržný drátěný rošt (hřeben), 4 - odváděcí pás, 6 - zakrucující ústrojí, 10 - zpevněné rouno, 20 - zpevňující armující mřížky, 16 - vstupní materiál, v_1 a v_3 - obvodové rychlosti, u - otáčky zakrucovacího ústrojí, M - pohon zakrucovacího ústrojí, v_2 - výstupní rychlost

Obr. 4.2.1.-2.: Tvar zakrucovacích elementů

původní tvar zakrucovacího elementu



upravený tvar zakrucovacího elementu

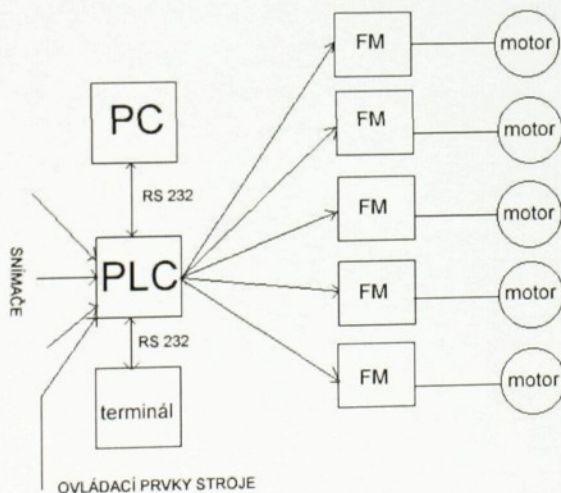


4.2.2. Schéma řízení výrobního zařízení

Kontinuální (online) řízení rychlostí pracovních částí stroje (kladecí válec - v_3 , odváděcí pás - v_2) zajišťuje vyrobení textilie s lokálně definovanou výškou H a vlnočtem ρ (viz kap. 2.3.). Pracovní části stroje – kladecí válec, odváděcí pás, podávací válec a zakrucovací ústrojí – jsou poháněny vlastními elektromotory. Otáčky motorů jsou řízeny pomocí frekvenčních měničů Micromaster 420 firmy Siemens. Nastavení frekvenčních měničů (FM) pro konstantní otáčky či změnu otáček definovaného průběhu zajišťuje řídicí jednotka, jež je tvořena programovatelným logickým automatem (PLC) Simatic S7-200 firmy Siemens.

Řídicí systém je doplněn operátorským panelem, kde obsluha stroje zadává výrobní parametry, a je připraven k zapojení snímačů. Ty mohou zajistit případnou zpětnou vazbu systému, a umožnit tak například vztáhnout změnu rychlostí pracovních částí stroje k dráze uražené odváděcím válcem (vhodné k vyrobení modelů s proměnlivou výškou H a s konstantním vlnočtem ρ). Bloková struktura zapojení řídicího systému je znázorněna na obr. 4.2.-1..

Obr. 4.2.2.-1.: Hardwarová struktura řízení linky



4.2.3. Materiál pro výrobu vzorků 3D NT

Jako vstupní materiál pro rotační kolmý kladeč byla použita:

- 1) pro model s profilem „hradby“:
 - vpichovaná netkaná textilie z PL vláken
 - počet vpichů $4 \cdot 10^5 \text{ m}^{-2}$
 - jemnost vláken 3,7 dtex
 - staplová délka vláken 67 mm
 - tloušťka 3 mm
 - plošná hmotnost 122 g/m^2
- 2) pro model s profilem střídajících se hyperbol:
 - vpichovaná netkaná textilie z PL vláken
 - počet vpichů $8 \cdot 10^5 \text{ m}^{-2}$
 - jemnost vláken 3,7 dtex
 - staplová délka vláken 67 mm
 - tloušťka 2 mm
 - plošná hmotnost 125 g/m^2

4.2.4. Řízení (nastavení) rychlostí pracovních částí stroje

Nastavení řídicí jednotky je závislé na jejím programovém vybavení. Zatím je schopná měnit otáčky motorů v čase lineárně nebo je držet konstantní. Pro ověření výrobních parametrů jsou proto vybrány modely, které se takto dají vyrobit. Jejich výrobní parametry jsou uvedeny v kap. 4.1..

Rychlosti pracovních částí stroje (v_3, v_2, v_1) se v celé DP udávají ve formě obvodové rychlosti (m/s). Pro zadání do řídicí jednotky je však nutné je převést na otáčky (ot./min) motoru:

Obvodová rychlost v se převede na otáčky na stroji n dle upraveného vztahu (2):

$$n_i = \frac{v_i}{\pi d_i}, \text{ kde:}$$

- d_i je průměr pracovní části [m].
- v_i je obvodová rychlost pracovní části [m/s]
- n_i jsou otáčky na stroji [1/s]
- i je index pracovní části

Otáčky na stroji n_i se převedou na otáčky na motoru n_{Mi} dle vztahu:

$$n_{Mi} = n_i P_i, \text{ kde} \quad (55)$$

- P_i je převodový poměr mezi pracovní částí stroje a jejím motorem [1]

Takto získané otáčky na motoru ve tvaru [1/s] jsou převedeny na tvar [1/min]

požadovaný řídící jednotkou:

$$n_{Mi} [1/\text{min}] = 60 \cdot n_{Mi} [1/\text{s}] \quad (56)$$

Převedené hodnoty obvodových rychlostí pro výrobu obou modelů jsou znázorněny v tabulce 4.2.4.-1.:

Tab. 4.2.4.-1.:

i – index pracovní části		v_i [m/s]	d_i [m]	P_i [1]	n_i [1/s]	n_{Mi} [1/s]	n_{Mi} [1/min]
1		0,1010	0,18	28	0,1786	5	300
2	„hradba“	0,0218	0,05	84	0,1389	11,67	700
	„hyperboly“	0,0187	0,05	84	0,1191	10	600
3	Max	0,0943	0,18	28	0,1667	4,67	280
	Min	0,0606			0,1071	3	180

Pro oba modely je nastavena stejná konstantní rychlost materiálu v_1 (rychlost podávacího kotouče). Stejně jsou i maximální a minimální hodnoty rychlosti kladecího válce v_3 , protože maximální a minimální výšky (H_{max} , H_{min}) obou modelů dosahují stejných hodnot. Rychlost odváděcích pásů v_2 je pro každý model odlišná avšak konstantní.

Model s profilem „hradby“

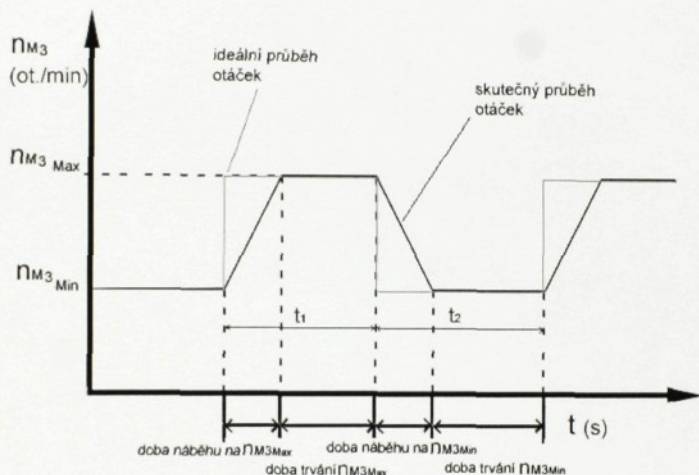
Otáčky motoru n_{M1} odvozené z obvodové rychlosti podávacího kotouče v_1 byly nastaveny na konstantní hodnotu dle tabulky 4.2.4.-1..

Otáčky motoru n_{M2} odvozené z obvodové rychlosti odváděcího pásu v_2 byly nastaveny na konstantní hodnotu dle tabulky 4.2.4.-1..

Otáčky motoru n_{M3} odvozené z obvodové rychlosti kladecího válce v_3 nejsou konstantní. V ideálním případě se mění skokově (viz. kap 4.1.1.). Maximální a

minimální hodnoty těchto otáček (n_{M3max} , n_{M3min}) jsou uvedeny v tab. 4.2.4.-1.. Jejich průběh byl nastaven dle obrázku 4.2.4.-1..:

Obr.:4.2.4.-1.: Průběh otáček motoru kladecího válce



V ideálním případě zůstává nastavení otáček n_{M3max} motoru kladecího válce pro úsek x_1 po dobu t_1 , a nastavení otáček n_{M3min} motoru kladecího válce pro úsek x_2 po dobu t_2 . Jelikož dosud neproběhly elektrické zkoušky systému řízení, nebyla z bezpečnostních důvodů nastavena skoková změna otáček. Změna otáček proto proběhla lineárně, s relativně krátkou dobou náběhu (obr. 4.2.4.-1.). Doba trvání konstantních otáček (n_{M3max} , n_{M3min}) byla potom zkrácena tak, aby součet doby trvání konstantních otáček a doby náběhu otáček byl roven času t_1 nebo t_2 , za který urazí odváděcí pás úsek x_1 nebo x_2 .

Platí:

$$t_1 = 5,2 \text{ s}, t_2 = 5,2 \text{ s},$$

doba náběhu na n_{M3max} 0,2 s,

doba náběhu na n_{M3min} 0,2 s,

doba trvání n_{M3max} 5 s,

doba trvání n_{M3min} 5 s

, přitom

t_1 = doba náběhu na n_{M3max} + doba trvání $n_{M3max} = 5,2$ s,

t_2 = doba náběhu na n_{M3min} + doba trvání $n_{M3min} = 5,2$ s.

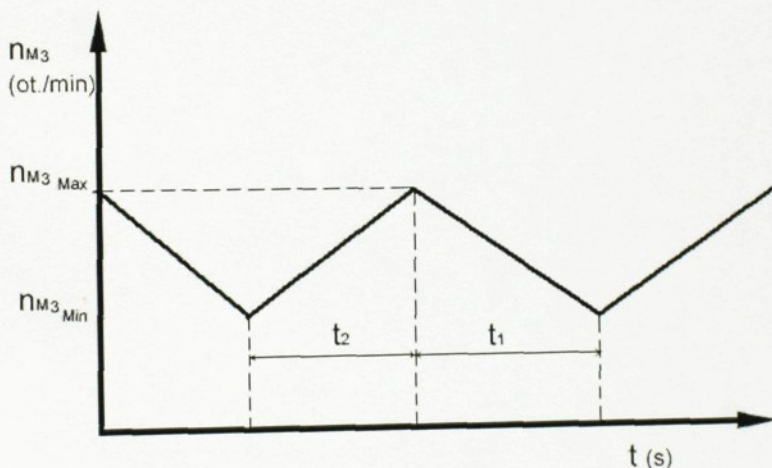
Model s profilem střídajících se hyperbol

Otáčky motoru n_{M1} odvozené z obvodové rychlosti podávacího kotouče v_1 byly nastaveny na konstantní hodnotu dle tabulky 4.2.4.-1..

Otáčky motoru n_{M2} odvozené z obvodové rychlosti odváděcího pásu v_2 byly nastaveny na konstantní hodnotu dle tabulky 4.2.4.-1..

Otáčky motoru n_{M3} odvozené z obvodové rychlosti kladecího válce v_3 se měnily dle výrobních parametrů modelu (kap. 4.1.2.) lineárně, viz. obr. 4.2.4.-2.. Maximální a minimální hodnoty těchto otáček (n_{M3max} , n_{M3min}) jsou uvedeny v tab. 4.2.4.-1..

Obr. 4.2.4.-2.: Průběh otáček motoru kladecího válce



Úseku x_1 uvažovanému odváděcím pásem, na němž lineárně klesnou otáčky motoru z n_{M3max} na n_{M3min} , odpovídá doba t_1 . Úseku x_2 uvažovanému odváděcím pásem, na němž lineárně vzrostou otáčky motoru z n_{M3min} na n_{M3max} , odpovídá doba t_2 . Platí: $t_1 = t_2 = 3,5$ s.

4.3. Ověření dodržení plánovaných parametrů výrobku

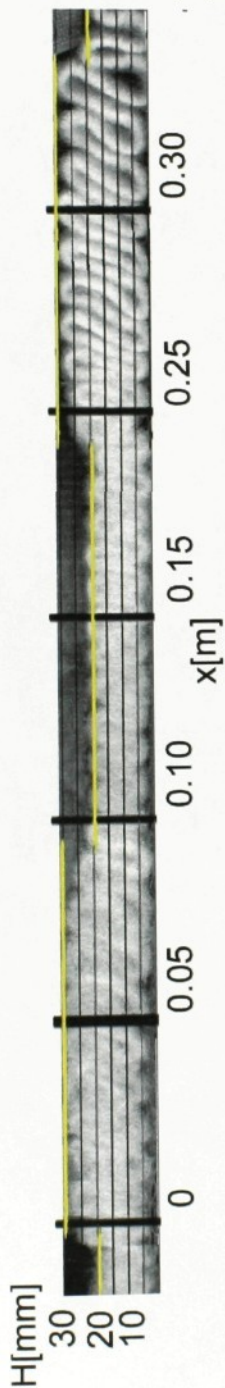
Ověření dodržení plánovaných parametrů výrobku v této diplomové práci spočívá v porovnání skutečných geometrických parametrů vyrobeného modelu s jeho teoretickými geometrickými parametry získanými počítačovým modelováním. Porovnávány jsou délky úseků x_1 a x_2 , a zároveň i maximální a minimální hodnoty výšky (tloušťky – dle ČSN EN ISO 907330) H_{max} , H_{min} jednotlivých modelů. Dodržení předepsaného průběhu výšky $H(x)$ vyrobených modelů je ověřeno tak, že do fotografií profilů povrchu jednotlivých modelů jsou v odpovídajícím měřítku vloženy grafy jejich teoretických průběhů výšek. Výsledky měření nebyly statisticky zpracovány (mimo použití aritm. průměru) z důvodů malého množství dat, které lze z relativně krátkých (cca 50 cm) vzorků vyrobených modelů získat. Porovnání teoretických a naměřených hodnot geometrických parametrů obou modelů zachycuje tabulka 4.3.-1..

Tab. 4.3.-1.:

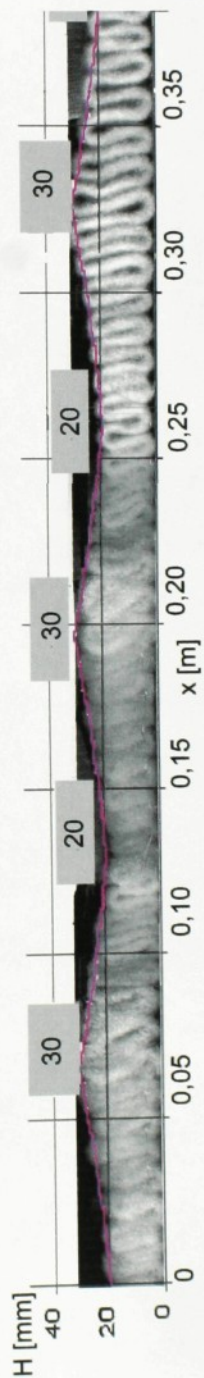
	Teoretické hodnoty				Naměřené hodnoty			
	x_1 [m]	x_2 [m]	H_{max} [m]	H_{min} [m]	$\bar{x}_1$ [m]	$\bar{x}_2$ [m]	$\bar{H}_{max}$ [m]	$\bar{H}_{min}$ [m]
Model s profilem „hradby“	0,113	0,113	0,030	0,020	0,114	0,114	0,029	0,021
Model s profilem střídajících se hyperbol	0,066	0,066	0,030	0,020	0,069	0,067	0,030	0,019

Dodržení předepsaného průběhu výšky $H(x)$ u vyrobených modelů ukazuje obr. 4.3.-1. a obr. 4.3.-2.. V každém obrázku je vždy fotka podélného řezu vyrobeného modelu a jemu odpovídající teoretický průběh výšky.

Obr. 4.3.-1.: Model s profilem „hradby“



Obr. 4.3.-2.: Model s profilem střídajících se hyperbol



4.4. Diskuse

Vyrobené modely 3D NT s proměnlivou výškou a vlnočtem lze považovat za odpovídající svým teoretickým předlohám. Předpokládané maximální a minimální výšky modelů (H_{max} , H_{min}) i délky úseků x_1 a x_2 byly dodrženy (viz. tab. 4.3.-1.). Průběh výšky textilií $H(x)$ u vyrobených modelů sledoval předepsané trendy, i když se vyskytlo několik odchylek (obr. 4.3.-1., 4.3.-2.) z důvodů současného stavu výrobního zařízení, které se stále upravuje.

Vyrobený model s profilem „hradby“ v podélném řezu se liší od svého teoretického protějšku neuskutečněnou skokovou změnou výšky textilie. Ta neproběhla záměrně z bezpečnostních důvodů, protože předpokládala skokovou změnu otáček kladecího válce (viz. kap. 4.2.4.). Změna otáček proto proběhla lineárně a způsobila postupnou změnu výšky (za ideálních podmínek po hyperbole).

Vyrobený model s profilem střídajících se hyperbol se od své teoretické předlohy odlišuje především nedostatečně „ostrou“ změnou výšky v místech, kde výška textilie dosahuje svého maxima. Je to způsobeno nízkými hodnotami vlnočtu ρ (vysokou vlnovou délkou skladů λ) v celé textilii, jež byly zvoleny záměrně z důvodů velké tloušťky vstupního materiálu (vpichovaná NT). Změna výšky textilie v tomto úseku se při daném nízkém vlnočtu uskutečnila jen prostřednictvím malého množství skladů. Není tedy tak dobře zřetelná („ostrá“), jako kdyby byla uskutečněna při vysokém vlnočtu (malé vlnové délce skladů λ) prostřednictvím velkého počtu skladů.

Hlavním vstupním materiálem pro výrobu 3D NT s proměnlivou výškou bude v praxi pavučina, která je několikanásobně tenčí než pro tuto diplomovou práci použitá vpichovaná NT. To povede k výrobě 3D NT s relativně vysokým vlnočtem ρ , jenž zajistí „ostřejší“ přechody více odpovídající teoretickým modelům textilií.

Nezanedbatelný vliv na pravidelný tvar skladů obou modelů měla i nestejnoměrnost vstupního materiálu, který tvořila vpichovaná NT. Po dokončení konstrukčních úprav výrobního zařízení a započetí kontinuální výroby bude kvalita vstupního materiálu z hlediska nestejnoměrnosti zvýšena.

5. Závěr

V diplomové práci byly definovány funkční vztahy mezi parametry rotačního kladeče a geometrickými parametry 3D NT (kap. 2.3.). Pomocí těchto vztahů bylo vytvořeno několik počítačových (teoretických) modelů 3D NT s proměnlivou výškou a vlnočtem (kap. 3.). Úpravou výrobní linky (kap. 4.2.1.) a instalací řídicího systému (kap. 4.2.2.) byly zajištěny podmínky k výrobě vybraných modelů. Vybrané modely byly vyrobeny a porovnány s jejich teoretickými protějšky (kap. 4.3.). Bylo zjištěno, že jim až na několik odchylek odpovídají.

Z výsledků experimentu diplomové práce vyplývá, že vztahy mezi výrobními parametry stroje a geometrickými parametry výrobku platí a lze je použít k „modelování“ a výrobě 3D NT s lokálně definovanou výškou. Vztahy pro výrobu 3D NT s lokálně definovaným vlnočtem nebyly ověřeny, protože řídicí jednotka stroje nebyla vybavena potřebnými senzory, jež by měřily posuv odváděcího pásu. To znemožnilo výrobu modelů s konstantním vlnočtem a následné ověření dodržení tohoto parametru.

V závěru této diplomové práce lze konstatovat, že výroba 3D NT s lokálně definovanou výškou je i přes nedokončenou inovaci výrobního zařízení realitou. Od výrobku tohoto typu se očekává nižší kontaktní tlak při aplikacích v matracích, úspora materiálu v případě technických aplikací (např. izolace) a neobvyklý vzhled v netechnických aplikacích (např. výplně příkrývek).

Zlepšení technologie výroby spočívá v dalších konstrukčních změnách na výrobním zařízení, především v nahrazení fixního drátového roštu pohyblivým, který by kopíroval výšku vzniklých skladů, nebo jeho vyjmutím a nahrazením pneumatickým podtlakovým mechanismem, který přidrží sklady na odváděcím pásu a zároveň je přitlačí k zpevňovacímu zařízení (ROTIS).

Seznam použité literatury

- [1] Jirsák, O., Macková, I.: Netkané textilie. Skripta TU, Liberec 1997
- [2] Hanuš, J., Novák, O.: Modely 3D NT z konstrukčních elementů ve tvaru "vlny". In: STRUTEX 2002, Liberec
- [3] Hanuš, J., Mílitký, J., Arun Pal Aneja.: Local Compression of Corrugated Structures. In: Ninth International Conference on Composites Engineering, San Diego, July 1-6, 2002
- [4] Krěma, R., Jirsák, O., Hanuš, J.: What's New in Highloft Production ? Nonwovens Industry 28 (10), pp. 74-78 October 1997).
- [5] Hanuš, J.: Fixace vlákných 3D struktur „kvazipřizemi“. In: STRUTEX 2002, Liberec
- [6] Kubát, J.: Sbirka úloh z matematiky, Victoria Publishing, Praha 1993
- [7] Jirsák, O., Krěma, R.: New Perpendicular – laid Nonwovens and their Properties. In: Edana's International Nonwovens Symposium. Monte Carlo, 1995.