

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERECI

FAKULTA TEXTILNÍ



Diplomová práce

2009

Bc. Kateřina Hurdová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

Zhodnocení možnosti použití pletenin pro technologii “In Mould Decoration“

Assessing the possibilities of different fabrics for use with In Mould Decoration technology

Diplomant:	Bc. Kateřina Hurdová
Vedoucí práce:	Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Josef Půta

Rozsah práce:

Počet stran textu:	84
Počet obrázků:	48
Počet tabulek:	14
Počet příloh:	5

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 17.12. 2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí své diplomové práce Ing. Ireně Lenfeldové, Ph.D., za trpělivé a obětavé vedení.

Za vstřícnost a ochotu při navrhování experimentu děkuji doc. Dr. Ing. Petru Lenfeldovi. Za pomoc při obsluze vstřikovacího stroje, poskytnuté informace, čas a materiály bych chtěla poděkovat Ing. Josefu Půtovi. Za uskutečnění mechanických zkoušek děkuji Ing. Luboši Běhálkovi. Dále pak Ing. Aleši Auspergerovi a Ing. Tomáši Poupovi za rady, které mi při realizaci této diplomové práce vždy s ochotou poskytli.

V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za morální a materiální pomoc nejen při této práci, ale i v celém navazujícím studiu.

ANOTACE

Tato diplomová práce je zaměřena na výrobu vzorků technologií "In Mould Decoration". Vzorky byly zhotoveny na Katedře strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů. Jedná se o integraci plastu a dekorační textilie, v tomto případě byly použity dvě osnovní pleteniny a jedna zátažná pletenina.

V rešeršní části je stručně popsán postup při vstřikování polymerů, který se využívá u technologie In Mould Decoration. Tato technologie je také popsána včetně požadavků na výrobky, jež jsou s jejím použitím zhotovené. Dále jsou zde uvedeny vybrané mechanické vlastnosti pletenin hodnocených v experimentální části.

V Experimentální části je pozornost věnována popisu výroby jednotlivých zkušebních vzorků, parametry vzorků, postupy testování, naměřená data a jejich vyhodnocení.

V závěrečné části byly experimenty vyhodnoceny a navrženy další možnosti vazeb pro technologii In Mould Decoration.

ANOTATION

This diploma thesis deals with production of samples using In Mould Decoration technology. The samples were created at the TUL's Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů, where plastic and decorative textiles were integrated using two warp-knitted fabrics and one weft-knitted fabric.

In the research part there is a brief description of polymer injection method which is used during In Mould Decoration. This technology is also described including the minimum requirements for the created products. Next, there are mentioned chosen mechanical attributes of the fabrics and these are assessed in the experimental part.

The experimental part describes the process of production of every single sample, its parameters, testing steps, measured data and final evaluation.

In the final part all the experiments were evaluated and further knitting bindings for In Mould Decoration technology were suggested.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vstřikovací stroj
Vstřikovací tlak
Vstřikovací forma
Zastříknutá textilie plastem
Polypropylen
Pevnost
Tažnost
Hustota pletenin
Plošná hmotnost
Tloušťka textilie

KEY WORDS

Injection moulding machine
Injection pressure
Injection form
Plastic injection moulded onto fabric
Polypropylene
Strength
Tensibility
Weaving density
Area density
Textile thickness

OBSAH:

OBSAH:	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:	9
1. ÚVOD	12
2. TEORETICKÁ ČÁST	13
2.1 Vstřikování plastu	13
2.1.1 Vstřikovací stroj	13
2.1.2 Vstřikovací formy	15
2.1.3 Postup při vstřikování	16
2.2 Mechanické vlastnosti	20
2.2.1 Mez pevnosti	20
2.2.2 Tahová křivka	21
2.3 Technologie IN MOULD DECORATION	22
2.3.1 Výhody In Mould Decoration technologie	23
2.3.2 Problematika In Mould Decoration technologie	23
2.3.3 Požadavky zastříkovaných textilií	25
2.3.4 Vkládaný materiál a jeho vliv na povrch	26
2.3.5 Příklady použití technologie IN MOULD	27
2.4 Definice pletenin	28
2.5 Konstrukční parametry	28
2.6 Dělení pletenin	28
2.6.1 Zátěžná pletenina	29
2.6.2 Osnovní pleteniny	30
2.7 Vybrané geometrické a mechanické vlastnosti pletenin	32
2.7.1 Hustota pleteniny	32
2.7.2 Rozteč	33
2.7.3 Hustotní koeficient	33
2.7.4 Pevnost pletenin	33
2.7.5 Tažnost pletenin	35
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
3.1 Plán experimentu	39
3.2 Vlastnosti vzorků pletenin určených pro technologii In Mould Decoration	39
3.2.1 Pleteniny použité pro experiment	39
3.2.1.1 Textilní materiál u použitých pletenin	45
3.2.2 Základní parametry pletenin	45
3.2.3 Měření mechanických vlastností vzorků pletenin	46
3.2.3.1 Popis trhačního stroje INSTRON 4411	46
3.2.3.2 Příprava vzorků k měření	47
3.2.4 Vyhodnocení tahových křivek	48
3.2.5 Vyhodnocení získaných výsledků tahových křivek	50
3.3 Výroba a charakteristika zastříkovaných textilií technologií In Mould Decoration	53
3.3.1 Použitý materiál pro vstřikování	53
3.3.2 Použitý vstřikovací lis	54
3.3.3 Použitá vstřikovací forma	54
3.3.4 Vkládaný materiál	56

3.3.5	Výroba zastříknutých textilií na vstřikovacím stroji.....	56
3.3.6	Zastříknuté vzorky	57
3.3.7	Naměřené parametry zastříknutých textilií plastem	59
3.4	Měření mechanických vlastností vzorků zastříknutých polymerem.....	60
3.4.1	Popis trhacího stroje HOUNSFIELD H 10 KT	60
3.4.2	Příprava vzorků před tahovou zkouškou	60
3.4.3	Vyhodnocení mechanických vlastností zastříkovaných textilií	61
3.5	Shrnutí naměřených výsledků a poznatků z výroby zastříkovaných textilií	74
3.5.1	Poznátky z výroby technologií In Mould Decoration.....	74
3.5.2	Vyhodnocení deformace struktury zastříkovaných textilií.....	76
3.5.3	Poznátky z měření mechanických vlastností zastříkovaných textilií	77
4	Závěr	79
POUŽITÁ LITERATURA:		83

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

Zkratky:	
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
cca	circa
kap	kapitola
např.	například
obr.	obrázek
pozn.	poznámka
resp.	respektive
tab.	tabulka
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaně
viz	lze vidět
Zkratky:	
ABS	akrylonitril-butadien-styren
AL	hliník
EMI	elektromagnetické rušení
IMD	In Mould Decoration
IML	In Mould Labelling
KP	kladecí přístroj
LS	lící strana
PA	polyamid
PC	polykarbonát
PE	polyetylén
PL	polyester
PP	polypropylén
PU	polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
RFI	rušení rádiových frekvencí
RS	rubní strana
ZJ	zátažná jednolící pletenina
ZO	zátažná oboulící pletenina

Symbol:	
c	rozteč řádku [mm]
c_s	maximální deformace ve směru sloupku [mm]
d	průměr nitě [mm]
D	průměr šneku [mm]
F_{max}	síla maximální [N]
h_p	tloušťka plastu [mm]
L	délka šneku [mm]
l_0	délka vzorku v čelistech [mm]
Δl	prodloužení [mm]
F	síla [N]
F_p	pevnost pleteniny [$N \cdot m^{-1}$]
F_n	pevnost niti [N]
h	tloušťka [mm]
H_c	hustota celková [m^2]
H_s	hustota sloupku [m^{-1}]
H_r	hustota řádku [m^{-1}]
K_h	zakrytí, zaplnění
K_h	hustotní koeficient
K_{vj}	koeficient využití
K_{vz}	koeficient vazby
l	délka nitě [mm]
m	hmotnost [g]
α_j	jehelní oblouček
α_p	platinový oblouček
p	tlak [Pa]
p_2	tlak zbytkový [Pa]
S	plocha [m^2]
s	stěna očka
s	směrodatná odchylka
T	teplota [$^{\circ}C$]
T	jemnost [tex]
t	čas [s]
t_d	doba dotlaku [s]
t_{ch}	doba chlazení [s]

t_k	doba odsunutí komory [s]
t_m	manipulační doba [s]
t_{pl}	doba plastikace [s]
t_{s1}	strojní čas [s]
t_{s2}	strojní čas [s]
t_{s3}	strojní čas [s]
T_F	teplota viskózního toku
T_{F0}	teplota formy [°C]
T_G	teplota zesklnění
v	variační koeficient [%]
w	rozteč sloupku [mm]
w_r	maximální deformace ve směru sloupku [mm]
σ	napětí [Pa]
σ_{SH}	horní mez kluzu
σ_{SS}	spodní mez kluzu
ε_r	poměrné prodloužení [%]
ρ_s	plošná hmotnost [g/m ²]
ε_p	tažnost pleteniny [%]
φ	vlhkost [%]
μ	koeficient tření
$\bar{x}$	průměr

1. ÚVOD

V dnešní době je možné si vybrat mezi několika technikami pro dokončení povrchu, které jsou navrženy k vylepšení optických a hmatových charakteristik In Mould produktů. Kromě tradičních metod, jako je pokovování a galvanizace dekorativních povrchů In Mould komponent, trh nabízí také In Mould alternativy, které integrují dekoraci do In Mould procesu - například In Mould Decoration (IMD) nebo In Mould Labelling (IML).

Technologie In Mould Decoration se poprvé objevila pod názvem "zpracování za nízkého tlaku" na výstavě K'86, kde ji představili vystavovatelé ze Spojených států. Evropským výrobcům In Mould strojů poté trvalo 5 let, než si tuto technologii osvojili a vyvinuli vlastní použitelné výrobní procesy. Tato technologie se poté rychle rozšířila na evropském trhu, kde se uplatnila především při výrobě automobilů. Vývoj technologie In Mould Decoration byl hnán zvyšujícími se nároky zákazníků s ohledem na optické a hmatové vlastnosti komponent, jejich vnímanou vysokou kvalitou a také neutuchajícími požadavky na inovaci v automobilovém inženýrství.

Ve většině případů se technologie In Mould Decoration využívá jako náhrada pro vrstvicí techniky (lepení), které byly používány pro dekorování povrchu In Mould komponent. Současná In Mould Decoration technologie je osvědčený proces, který se velmi dobře zavedl ve výrobě, jak dokazuje vysoké číslo masově vyprodukovaných automobilových součástek. Typickými součástkami jsou například obložení A, B i C sloupků, obložení přístrojové desky, podlahy interiéru, kapsy, atd.

V této diplomové práci je cílem:

- Rozbor vhodnosti použití textilií pro technologii In Mould Decoration.
- Vyrobit metodou zastříkávání vzorky za různých technologických podmínek (např. tlak, teplota).
- Vyhodnocení vzhledu textilií a případné deformace struktury pleteniny za různých tlakových podmínek.
- Vyhodnocení získaných výsledků z hlediska mechanických vlastností zastříknutých textilií.

2. TEORETICKÁ ČÁST

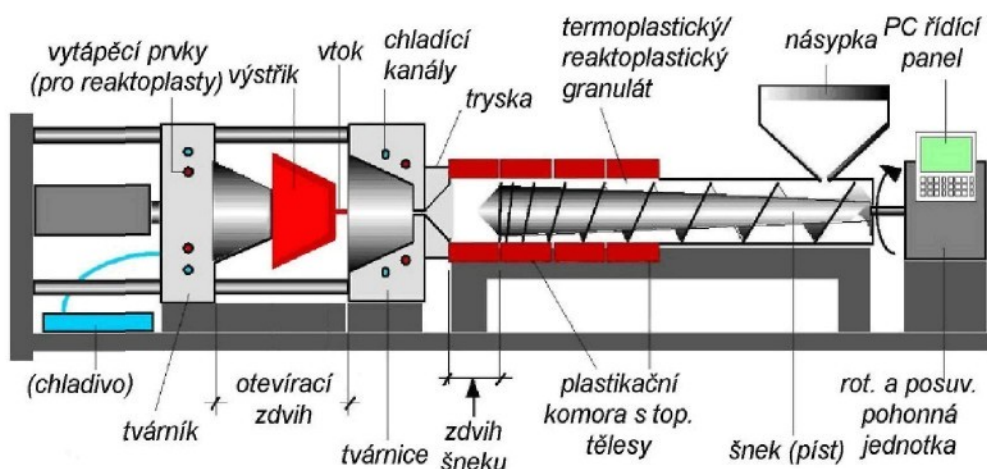
V rešeršní části je stručně popsán postup při vstřikování polymerů, který se využívá u technologie In Mould Decoration. Tato technologie je také popsána včetně požadavků na výrobky, jež jsou s jejím použitím zhotovené. Dále jsou zde uvedeny vybrané mechanické vlastnosti pletenin hodnocených v experimentální části.

2.1 Vstřikování plastu

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka taveniny polymeru z plastikační komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny (AL nebo jiné kovové) formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Plastikační komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhodou tohoto diskontinuálního, cyklického procesu je schopnost vyrábět přesné a složité součásti. Využití materiálu je téměř stoprocentní, protože materiál použitý i nepoužitý lze recyklovat. Hlavní nevýhodou jsou vysoké investiční náklady a dlouhé doby nutné pro výrobu forem. [10]

2.1.1 Vstřikovací stroj

Stroje pro vstřikování jsou stále výkonnější, vstřikovací tlaky a rychlosti vstřikování, které jsou k dispozici, také vzrůstají. Pro některé lisované díly nejsou vysoké vstřikovací tlaky a rychlosti vstřikování nutné nebo jsou dokonce i nepříznivé. Cílené nízké tlaky a rychlosti dosahují optimálních výsledků v kvalitě lisovaných dílů. Takovou oblastí je technika vstřikování pro dekorační materiály z textilií nebo ze strukturovaných fólií. [1]

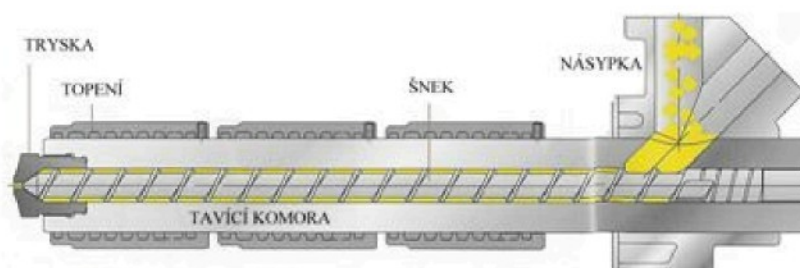


Obr. 2.1.1 : Schéma vstřikovacího stroje [1]

Pro vstřikování se používají šnekové vstřikovací stroje (viz obr.2.1.1). Tyto vstřikovací stroje mají dvě jednotky, které jsou na sobě nezávislé:

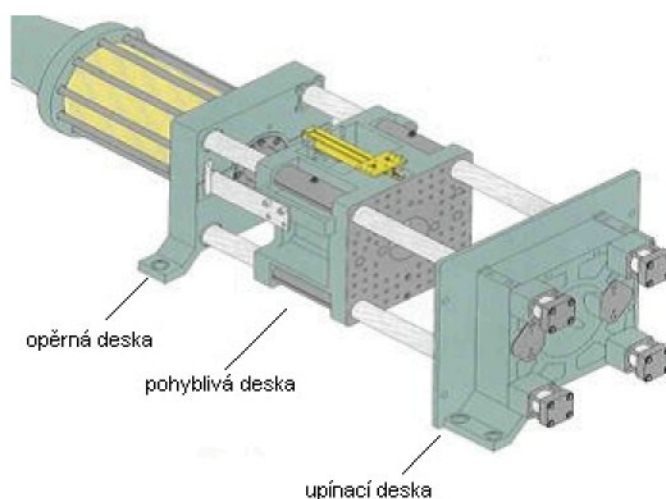
- vstřikovací
- uzavírací

Úkolem *vstřikovací jednotky* (viz obr. 2.1.2) je přeměnit granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstříknutí taveniny danou rychlostí a pod daným tlakem do dutiny formy.



Obr. 2.1.2 : Vstřikovací jednotka vstřikovacího stroje [1]

Uzavírací jednotka (viz obr. 2.1.3) má funkci zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy silou tak, aby se při vstříknutí tlakem taveniny neotevřela.



Obr. 2.1.3. Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje [1]

Uzavírací jednotka se skládá z opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy a upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy. Vstřikovací stroje mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu. Stále častěji se začínají používat i elektrické systémy.

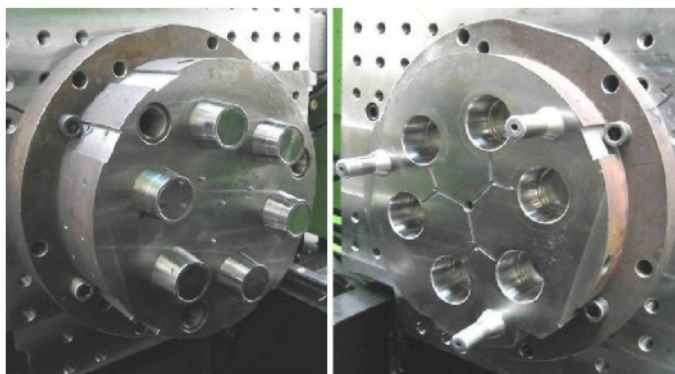
Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění, či polohu. Nejčastější uspořádání je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky. [1]

2.1.2 Vstřikovací formy

Formy (viz obr. 2.1.4.) pro zpracování plastů musí odolávat vysokým tlakům, poskytovat výrobky o přesných rozměrech, umožnit snadné vyjmutí výrobku a pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná. Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, použité technologii, velikosti výrobku a jeho složitosti. Dále také na velikosti série, tepelné odolnosti proti opotřebení, korozi, ceně, atd.

Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin, na části konstrukční a na části funkční.

Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje. Funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar.



Obr. 2.1.4. Vstřikovací forma – obrázek vlevo je tvárník a obrázek vpravo tvárnice [1]

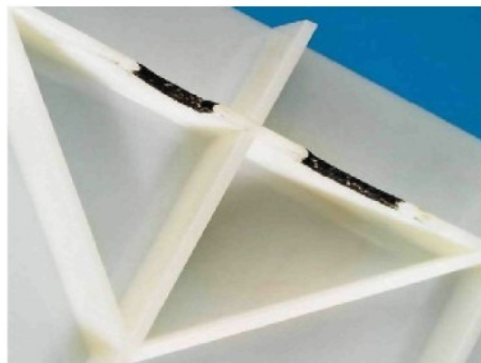
Kvalitu a jakost výstřiku s produktivitou výroby ovlivňuje vtokový systém. Vtokový systém je systém kanálů, který musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Konstrukční řešení vtokového systému závisí na konkrétním tvaru výstřiku a na

násobnosti formy. Vtok má být řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát co nejrychleji a pokud možno všude ve stejném čase.

Pro zajištění opakovatelnosti výroby musí hmota v dutině formy zchladnout co nejrychleji, a proto vstřikovací formy obsahují temperační systém. Teplota formy se udržuje na požadované hodnotě pomocí chladicího média, které protéká soustavou chladicích kanálů. Požaduje se, aby se hmota ochlazovala ve všech místech stejnou rychlostí. Důsledkem nerovnoměrného ochlazování se může stát deformace výrobku, nebo vzniklá trhлина.

Vstřikovací formy mohou obsahovat různé mechanismy pro vyhazování výstřiků. Při ochlazování se výrobky smršťují, a zůstávají na tvarových částech formy. Pro vyhazování výstřiků se používají buď mechanické vyhazovací kolíky, stírací desky, atd. (jednotlivé možnosti se mohou mezi sebou i kombinovat). Vyhazovací síly se odvozují od měrných tlaků mezi formou a výstřikem. Síla potřebná k vyhození závisí na pružnosti tvárníku a tvárnice, průběhu tlaků a teplot během vstřikování, rozměrech výstřiku a teplotní závislosti koeficientu tření mezi oběma plochami.

Odvzdušnění dutiny je nedílnou součástí vstřikovacích forem, protože doba vstřiku je krátká, a může dojít k nevyplnění dutiny taveninou plastu, ke zvýšení tlaku a poklesu pevnosti v místech studených spojů, nebo k tzv. diesel efektu (viz obr. 2.1.5) - spálení materiálu. Je nutné zajistit intenzivní odvod vzduchu z tvarové dutiny formy. Odvzdušnění se provádí na protilehlém místě vtoku. [1]



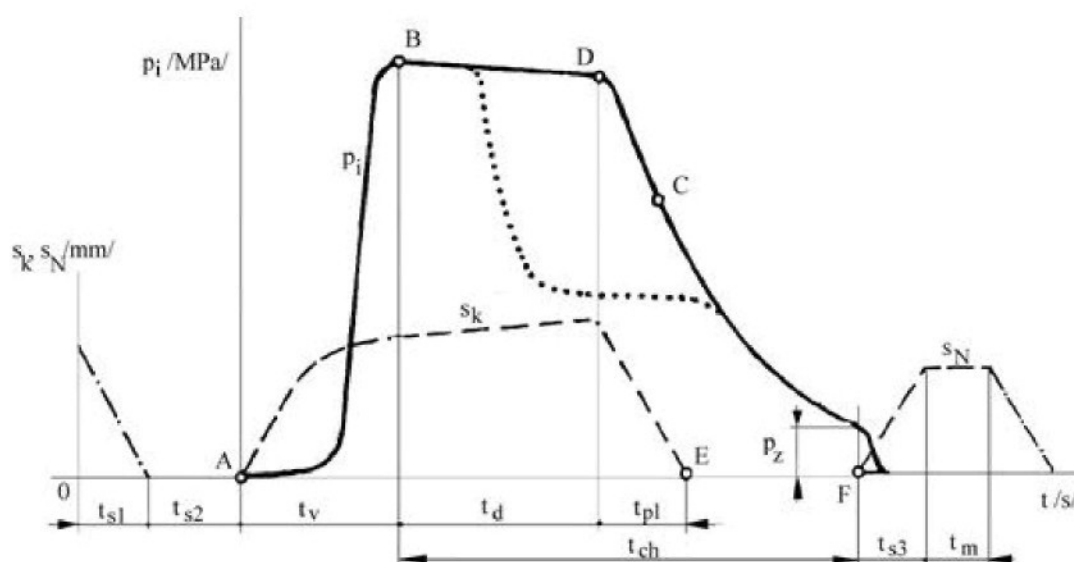
Obr. 2.1.5. Vada výrobku – Diesel efekt [1]

2.1.3 Postup při vstřikování

Plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem), který hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současněho účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře, výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje. [10]

Vstřikovací cyklus lze rozdělit do několika časových fází (obr. 2.1.6.).

1. Uzavření formy.
2. Vstřik taveniny do uzavřené formy.
3. Dotlak taveniny
4. Plastikace materiálu v tavicí komoře.
5. Chlazení taveniny ve formě.
6. Vyjmutí výstřiku z formy.

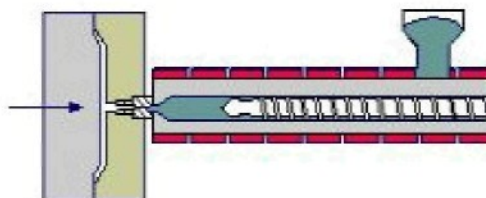


Obr. 2.1.6. Průběh vnitřního tlaku p_i v dutině formy během procesu vstřikování [10]

Vstřikovací cyklus je časový úsek zahrnující sled všech dílčích operací nutných pro zhotovení výstřiku. Počátkem cyklu je uzavření formy. Vstřikovací cyklus můžeme posuzovat z hlediska zpracovávaného plastu a s výhodou jej vyjádřit jako závislost vnitřního tlaku v dutině formy p_i na čase, která je nazývána tlakovým cyklem (viz obr. 2.1.6).

Plná čára na obrázku znázorňuje průběh tlaku v dutině formy během vstřikovacího cyklu. Čára přerušovaná znázorňuje pohyb šneku a čerchovaná čára pohyb formy.

Na počátku vstřikovacího cyklu je forma otevřená a dutina formy prázdná. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu. V časovém úseku t_{s1} se pohyblivá část formy přisune



Obr. 2.1.7. Uzavření formy [1]

k pevné, forma se uzavře a uzamkne (viz obr. 2.1.7). Pro uzamčení formy je vynaložena značně vyšší síla než síla použitá pro přisunutí formy, protože musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Pak se mohou vlivem nastalé různé hmotnosti výstřiku objevit otrěpy. Čas t_{s2} je vymezen k přisunutí tavicí komory k formě, které je používáno v některých případech vstřikování. Úseky t_{s1} a t_{s2} představují tzv. strojní časy. V okamžiku A se dává do pohybu šnek v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a působí vlastně jako píst (viz obr. 2.1.8). Při postupném plnění vzniká uprostřed plastické jádro, což umožňuje



Obr. 2.1.8. Plnění dutiny formy [1]

později stlačení taveniny v dutině formy a dotlačení v průběhu chladnutí výrobku.

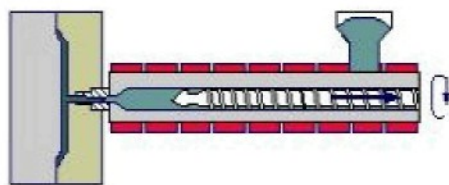
Po zaplnění dutiny formy dochází ke stlačení taveniny, vzroste tlak ve formě i v hydraulice a rychlost vstřikování okamžitě poklesne. Tlak v této době dosahuje svého maxima, vzniká tzv. tlaková špička. To má za následek, že tuhnoucí hmota má v povrchových vrstvách větší hustotu, což následně u výstřiku vyvolá anizotropní chování. Tento děj je ukončen v bodě B.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Tato doba se nazývá doba chlazení a je označena jako t_{ch} . Doba chlazení je závislá na teplotě formy T_{F0} , která je nastavována na co nejnižší teplotu při zachování kvality výrobku a tloušťce stěny výrobku. Z ekonomických důvodů se požaduje doba chlazení co nejkratší.

Během chladnutí se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem a aby se na výstřiku netvořily sraženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy tak, aby výrobek měl konstantní měrný objem. Tento úsek cyklu je doba dotlaku a značí se t_d . Tlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální tlak, nebo se může po několika sekundách snížit a další chladnutí probíhá při sníženém tlaku.

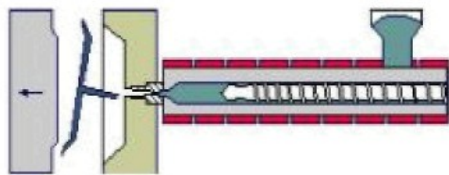
Pro dotlačování je důležité, aby před čelem šneku zůstal určitý objem plastu. Doba dotlaku končí v bodě D. Po časovém úseku dotlaku nastává doba plastikace t_{pl} nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a přes zpětnou uzavěrku vtlačuje do prostoru před čelem šneku (viz obr. 2.1.9). Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak, neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu.

Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Homogenitu taveniny je možné ovlivnit konstrukcí zpětné uzavěrky, šneku a jeho otáčkami, dále pak zpětným tlakem a objemem vstřikovaného materiálu.



Obr. 2.1.9. Plastikace [1]

Z hlediska vlastností výstřiku je důležitý bod C. Označuje okamžik zatuhnutí roztavené hmoty ve vtokovém kanálu. Vtokový kanál spojuje dutinu formy s dutinou tavící komory a dokud je hmota v kanálu ve stavu tekutém, může vstřikovací jednotka ve fázi dotlaku ovlivňovat tlakové poměry v dutině formy. Zatuhnutí hmoty se však spojení mezi tavící komorou a dutinou formy přerušuje a další prodlužování dotlaku se stane bezúčelné. Doba dotlaku končí nejpozději v bodě C, kdy body D a C splynou v jediný, anebo může skončit ještě před úplným zatuhnutím vtoku. To má potom za následek rychlejší pokles tlaku ve formě, protože nepatrné množství taveniny může vlivem přetlaku v dutině formy vytéct zpět kanálem do tavící komory. Plastikace je skončena v bodě E a dále může následovat odsunutí tavící komory od formy t_k . Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu zbytkového tlaku p_z , což je tlak, pod nímž se již ztuhlá hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku a také obtížné vyjímání výstřiku z formy. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku, jak je na znázorněno tečkovanou čarou (viz obr. 2.1.6). Po dokonalém zchlazení výstřiku se forma otevře. Výstřik a vtok se pomocí vyhazovacího systému uvolní z formy (viz obr. 2.1.10). Na tuto operaci je potřeba strojní doba t_{s3} . Je-li výstřik vyjmut z formy manipulátorem, je k tomu navíc vymezena manipulační doba t_m . Ta je určena i k případné další činnosti, např. ke vkládání kovových záložek do formy, k očištění formy apod. V dalším kroku dojde opět k uzavření formy a celý proces se opakuje. [10]



Obr. 2.1.10. Otevření formy, vyhození výstřiku [1]

Parametry vstřikování:

- Vstřikovací tlak se obvykle pohybuje mezi 50 a 250 MPa. Tlak tak vytváří velké síly, které působí na stěny formy.
- Teplota taveniny závisí na druhu plastu a obvykle se pohybuje mezi 120 až 350 °C. Teplota taveniny ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení, smrštění tlakové ztráty, dotlak, atd.
- Teplota formy je od 0 do 150 °C. Opět závisí na druhu plastu a na charakteru výrobku. Ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk a povrch výrobku, atd.
- Doba chlazení ve formě, snaha o snižování strojního času a zamezení deformace ztuhlého výrobku s předčasnem vyhozeného z formy. [1]

2.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti plastů závisí na chemickém složení, velikost makromolekul a jejich tvaru nadmolekulární struktury a na plnivu [10]. Z mechanických vlastností nás nejvíce zajímá mez pevnosti.

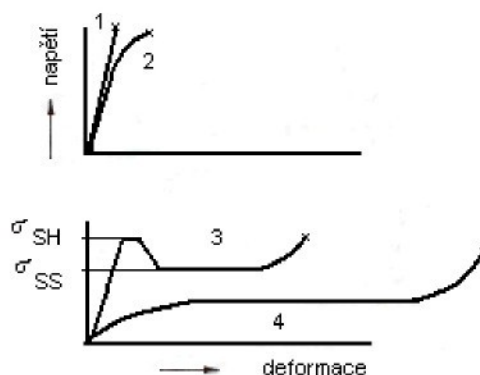
2.2.1 Mez pevnosti

Lze ji stanovit zkouškou tahem (nejčastěji), tlakem či v ohybu. Zkoušku tahem Popisuje norma ISO 527. Mez pevnosti je podíl maximální síly F při zkoušce a počátečního průřezu S . Je to časově závislá veličina a s rostoucím časem klesá.

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Zkoušku provádíme na trhačím stroji. Jde o krátkodobou zkoušku, kdy přetržení tělesa nastane do jedné minuty. Pro konstrukční praxi jsou však důležitější výsledky dlouhodobých zkoušek. Materiály se při zkoušce mohou chovat následujícím způsobem (viz obr. 2.2.1):

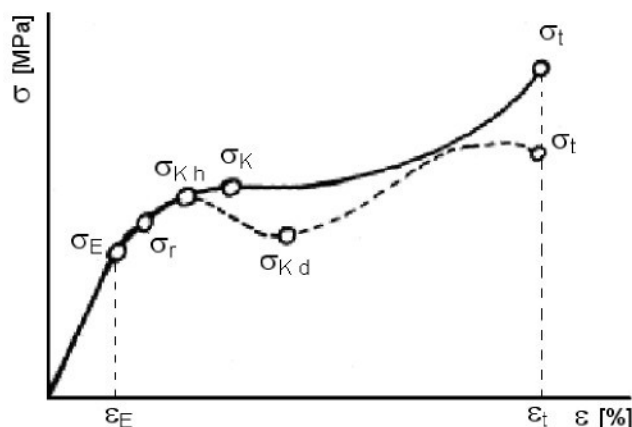
- 1- Reaktoplasty, kompozity, amorfní termoplasty s teplotou hluboko pod T_g ;
- 2- amorfní termoplasty při teplotě blízké T_g krystalické s vyšším stupněm krystalinity;
- 3- krystalické polymery – vytvoří se krček a ten se dále rozšiřuje;
- 4- kaučuky, pryže, amorfní termoplasty při teplotě mezi T_g a T_f . [10]



Obr. 2.2.1 Deformační křivky různých polymerů při tahovém namáhání [10]

2.2.2 Tahová křivka

Nejdůležitější mechanické vlastnosti plastu při krátkodobém namáhání se zjišťují tahovou trhací zkouškou. Výsledkem zkoušky je závislost napětí na deformaci a z této závislosti můžeme zjistit meze kluzu a pevnosti, tažnost, modul pružnosti v tahu a celkové chování materiálu při deformaci včetně typu lomu. [30]



Obr. 2.2.2 Obecná tahová křivka [29]

Z obrázku 2.2.2 vidíme, že zpočátku je prodloužení tyče přímo úměrné vzrůstajícímu zatížení, a to až do bodu σ_E . Napětí σ_E , nazýváme mez úměrnosti a definujeme ji jako mezní napětí, při němž je prodloužení ještě přímo úměrné napětí (Hookův zákon). Zakřivení vznikající v dalším průběhu křivky, zahrnuje již časově závislou elastickou a plastickou deformaci. Místo, do kterého je ještě tato deformace vratná, je mez pružnosti σ_r . Z tohoto bodu se po uvolnění napětí vrací deformace po celé křivce do původního bodu. [31]

Zvětšuje-li se napětí nad mez úměrnosti, obvykle hodnota $\Delta\sigma/\Delta\varepsilon$ klesá. Zatímco napětí stoupá pomalu, deformace se rychleji zvětšuje. Je to úsek za mezí pružnosti, kde nastává převážně nevratná plastická deformace. Tomuto místu říkáme mez kluzu σ_K [31]. Jestliže materiál vykazuje mez kluzu, považujeme tuto mez za horní hranici přístupného napětí při provozu součásti, neboť nad ní vznikají již velké trvalé deformace [30]. Projeví-li se na křivce za tímto bodem snížení napětí, je to horní mez kluzu σ_{Kh} , zatímco na pokračující křivce místo minimálního napětí je dolní mez kluzu σ_{Kd} . Za dolní mezí kluzu vzrůstá opět napětí do určité maximální hodnoty σ_b , kde se těleso buď přetrhne, nebo nastává za touto mezí porušení soudržnosti další pokles napětí až k $\sigma_{destrukci}$, kdy dojde k lomu [31].

2.3 Technologie IN MOULD DECORATION

Technologie označovaná jako In Mould Decoration je určena pro zpracování plastů, zejména pro výrobu konečných interiérových a vzhledových dílů v jedné operaci a všude tam, kde je potřebná vysoká pevnost, kvalita, design, atd. Tato technologie se z velké části používá pro automobilový průmysl. Například vstřikované díly z plastů zpevněných dlouhými skleněnými vlákny nabízí vynikající potenciál pro řešení současných dveřních výplní. Dále zastříkávání fólií nabízí možnost, jak cíleně dotvářet a vytvářet vzhled plastových součástí. Přitom se může jednat o dekor (jednobarevný, vícebarevný, s integrovanými symboly, průsvitný), povrchovou úpravu (lesklou, strukturovanou, matovou) nebo vysoký lesk. Oproti jiným metodám může být dekorace dílů změněna bez přerušení výroby použitím fólií s rozdílnými dekory. Jiných vlastností (např. odolnost vůči různým médiím, měkkost na dotyk) může být dosahováno použitím svazku fólií, nebo vícevrstvých materiálů, např. textilií. Snaha výrobců je i u takto složitých a vícekomponentních dílů dosáhnout co nejnižší ceny. V důsledku rozmachu polyolefinů v automobilovém průmyslu se doporučuje pro tuto technologii používat v celém objemu polypropylén (PP) nebo akrylonitril-butadien-styren (ABS - styrol), resp. polymerní směsi. Tato technologie je založena na vkládání různých materiálů ve formě polotovaru nebo předtvarovaného dílu do dělicí roviny vstřikovací formy pro zlepšení vzhledových vlastností výrobku (viz obr. 2.3.1) nebo pro výrobu dílů s vysokou kvalitou povrchu. Jedná se o integraci plastu a dekoračního materiálu (např. textilie, kovové fólie, apod.) za vzniku vysoce kvalitního výrobku při zachování produktivity a ekonomické výroby dekoračních výrobků. Velikost vyráběných dílů je omezena velikostí stroje. [22]

*Potištěná a deformovaná fólie**Konfekční fólie**Hotový výrobek*

Obr. 2.3.1 Princip zastříkování fólií
(potištěná a předtvarovaná fólie) [22]

2.3.1 Výhody In Mould Decoration technologie

Mezi hlavní výhody patří:

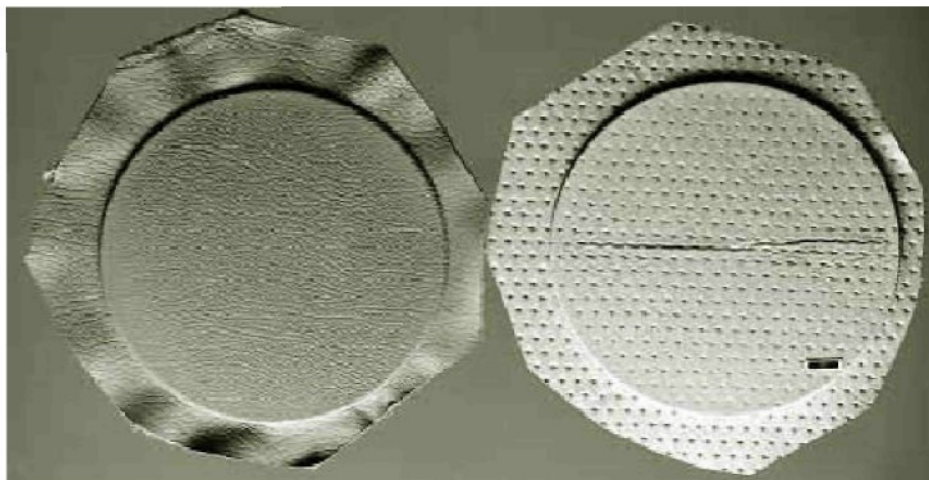
- Výkonnost a s tím spojené i nízké náklady
- Úspora hmotnosti materiálu
- Odolnost vůči korozi

Odlišení výrobku a modelových změn lze dosáhnout pouhou výměnou fólie, textilie, apod. namísto pracného a nákladného zpracování nových nástrojů a přípravků. Barevnou změnu pak zjistíme pouhou výměnou barvy fólie, namísto nákladné změny materiálu. Výrobek má lepší odolnost vůči klimatickým změnám, odolnost proti korozi, elektromagnetickému rušení (EMI) a rušení rádiových frekvencí (RFI).

2.3.2 Problematika In Mould Decoration technologie

Největším problémem u technologie In Mould Decoration je tečení plastu dutinou formy a vliv tlaku taveniny, její teploty a rychlosti na vložený materiál a na napětí v plastu, ve vloženém materiálu a vlivem adheze v konečném výrobku. Největší změna nastává u textilií, kde je vliv tečení taveniny na posun jednotlivých vrstev největší. Textilie z různých materiálů jsou do formy většinou umístěny předem, čímž se dá řídit orientace vláken a jejich hustota ve výsledném dílu. Procentový obsah vláken musí být vysoký, aby se zabránilo tomu, že polymer odplavil vyztužující vlákna mimo původní umístění. Vstříknutím plastu změni svou polohu asi 30 % vláken. Výroba probíhá v současnosti dvěma způsoby. Prvním z nich je použití rozsekaných vláken v kapalném pojivu, které se nanášejí na povrch formy a následně se zastříknou

plastem nebo se plast vstříkne na souvislou textilií. Prvním technologickým postupem se dají dosáhnout složitější tvary, avšak je zde menší možnost řízení orientace vláken. Tento postup je velice pracný, zatímco druhý postup je mnohem lépe automatizovatelný, ale může vést k nepříjemným změnám hustoty v různých místech vyráběného dílu. Aby nedocházelo k výraznému deformačnímu chování vloženého materiálu, které může vést k nerovnosti nebo až k protržení vloženého materiálu (viz obr. 2.3.2) a nebo protečení taveniny plastu skrz materiál, nebo kolem hran musí být tlak taveniny co nejnižší.



Obr. 2.3.2 Vliv zvoleného materiálu na vnější povrch výrobku a jeho protržení (vlevo – vhodný materiál, vpravo – nevhodný materiál) [2]

Nízkotlaké vstřikování je alternativou klasického vysokotlakého vstřikování. Nízký tlak je jak na straně vstřiku, tak i na straně uzavírací jednotky. Výhodou je snížení velikosti stroje, nízké napětí a vnitřní napětí ve výrobku, dostatečná velikost dílů a nízká cena nástroje. Hodnota pro nízkotlaké vstřikování je do 3,5 MPa.

Další problém nastává, jak se změní povrch materiálu se zvětšující se délkou dráhy toku. Dekorační materiál se upravuje tak, aby byla umožněna větší dráha tečení plastu.

Jiným výrazným problémem je v další fázi procesu – ve fázi chlazení - změna přestupu tepla do nástroje vlivem vložené další vrstvy, která zabraňuje dotyku taveniny plastu se studeným povrchem vstřikovací formy (obráz. 2.3.2). Nastává nerovnoměrné tečení, kdy je vlivem vloženého materiálu délka toku větší (závisí to právě na kvalitě povrchu vloženého materiálu).

Dalším problémem se může objevit změna zabarvení vlivem poškození teplem nebo propustností světla u dekorativního povrchu. Produkt také může vykazovat známky propadlin na žebrovaných částech, zvláště tam, kde je využito tenkých vrstev

textilií. Tyto tenké vrstvy jsou také náchylné na defekty jako je vrásnění. Zvláštních kvalit musí být dosaženo při výrobě složitě tvarovaných komponent. [23]

Kvalita dekorace vkládaného materiálu je závislá na tlaku. Vysoký tlak se projeví jako změny v tloušťce, lesku, ve struktuře textilie apod. Z toho vyplývá požadavek na minimální tlak, tedy na nízkotlaké vstřikování.

2.3.3 Požadavky zastříkovaných textilií

Kvůli požadavkům na zmiňované lisované díly se často používají polymery ABS a PC+ABS(Blends). Přilnavost mezi plasty a dekoračním materiálem je zpravidla velmi dobrá. Všeobecný problém vyplývá z toho, jak se dekorační materiál chová vůči proudící tavenině ve formě. Designéři využívají rozmanité možnosti pro vytvoření vzhledu. Kombinace tlaku, teploty taveniny, smykového napětí a teploty nástroje vede k namáhání dekoračního materiálu, který tomuto více či méně dobře odolává. Dekorační materiály se pro tyto účely často skládají z více vrstev, jejichž schematická skladba je uvedena v tab. 1.

Tab. 1: Skladba dekoračního materiálu určeného pro zastříkování [23]

Skladba	Běžné rozměry	Materiál	Funkce
Vrchní materiál	fólie 0,25 až 1mm textil 0,25 až 4mm	textil (např. PL vlákno), fólie (např. PVC, ABS, PP)	dekorace, měkkost
Mezivrstva	1 až 3mm	PUR – pěna, PVC – pěna	spojení vrchního a spodního dílu, měkkost
Spodní materiál	0,5 až 1mm	Rouno (např. PE vlákno) <u>Fleece</u> (např. PL vlákno)	tepelná izolace vůči tavenině, stabilita horního materiálu vůči posunutí, ukotvení taveniny, zvýšená odolnost proti trhání
Nosný materiál	1,5 až 2,5	ABS PP (ABS+PC)- <u>Blend</u>	tvarování, pevnost lisovaného dílu

Viditelná plocha může být z PL, PA, bavlněné textilie (tkanina, pletenina, rouno) nebo z ASA-fólie či PVC-fólie. Pod vrchním materiálem je často ještě mezivrstva, např. z PU nebo PVC-pěny, která zajišťuje tzv. Soft-Touch Effect a současně slouží tato mezivrstva ke spojení mezi vrchním a spodním materiálem. Úkol spodního materiálu spočívá v zábráněni vniknutí taveniny do mezivrstvy a posunutí dekoračního materiálu při vstřikování. Spodní materiál ovlivňuje tepelnou izolaci mezi vrchním materiálem popř. mezi vrstvou proudící taveniny, která vede k jejímu mechanickému vyztužení v dekoračním materiálu. Většina dekoračních materiálů je citlivá na tlak i teplotu (tlak se zvýší téměř vždy se zvyšující se teplotou). V dekoračním materiálu je možné dosáhnout oproti běžné technice vrstvení té výhody, že dodatečné lepicí prostředky, které mohou vést k nežádanému vypařování, nejsou nutné. Srovnáním teplotní odolnosti např. PL vlákna ve vrchním materiálu (dlouhodobě 190°C, krátkodobě 210°C až 240°C) s vysokými teplotami termoplastů (220°C až 270°C) je jasné, že ochrana vrchního materiálu je nutná, avšak ochrana je nevyhnutelná pro mezivrstvu. Pro PL-pěnu je zatížení teplotou nad 150°C nebezpečné, PVC-pěna je ještě citlivější. Požadavek pro elasticitu dekorovaného materiálu je takový že nízká elasticita způsobuje trhání materiálu a vysoká způsobuje přetažení nebo vlivem napětí ve stříhu tvorbu vrásek. Tyto problémy jsou hlavně u velmi tenkých textilií. [23]

2.3.4 Vkládaný materiál a jeho vliv na povrch

Vložený materiál (textilie, fólie) vytváří na hotovém dílu optický povrch. Může být jednobarevný, vícebarevný, v podobě dodatečné integrace se symboly, speciálně s metalickým efektem aj. U fólií potištěných zepředu je potištěná vrstva na vnější straně dílu, a musí být chráněna proti poškrábání ochrannou vrstvou. U fólií potištěných zezadu je dekor chráněn vnější průsvitnou fólií a umožní vysoký lesk.

Textilním vkládaným materiálem může být tkanina, pletenina nebo netkaná textilie. V této diplomové práci se experiment provádí na pletených textiliích. Pletařské vazební techniky, jež mají své použití u specializovaných pletenin, používají nitě buďto z krátkých nebo dlouhých vláken. Ve srovnání s nitěmi tkalcovskými jsou více otevřené, s nižším koeficientem zaplnění a vlákna jsou většinou obloučkována (přírodní), nebo jinak tvarována (chemická). To má důsledky nejen v měkkém omaku a dobré tepelné izolaci, ale zejména v deformační schopnosti, k němuž dochází ve struktuře oka posuvem ve vazných bodech. Za posledních pár let došlo k výraznému zvýšení podílu pletenin ve výrobě oděvních, bytových i technických textilií. Tento vzrůst podpořil rozvoj chemických vláken pomocí nových technologií ve výrobě nití a vývojem

pletařských strojů s novými konstrukčními principy, dále vysokou vzorovací kapacitou a vysokými produkčními parametry.

2.3.5 Příklady použití technologie IN MOULD

Technologie IN MOULD lze využít v řadě různých procesů: vstřikování polymerních hmot do forem, vysoko a nízkotlaké vstřikování, výroba strukturovaných pěn, tlakové lisování, lisování vyfukováním, tepelné lisování, lisování s využitím pryskyřičných materiálů. Možnost laminování filmu, fólie či textilie během jednoho pracovního kroku je nákladově úsporný způsob odlišení výrobků a provádění modelových změn bez nutnosti změny nástrojů a přípravků. Tento proces vstřikování rovněž výrazně snižuje náklady na konečnou úpravu výrobků. Technologie In Mould vzbudila velký zájem především v oblasti automobilového průmyslu, kde je její hodnota demonstrována ve vybraných aplikacích.

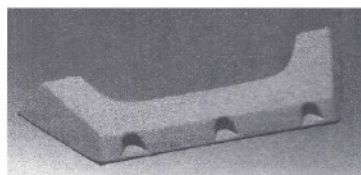


Obr. 2.3.3 Příklad obložení dveří [18]

Při zastřikování textilních dekoračních materiálů je u strukturovaného povrchu dutiny nástroje o mnoho lepší mít dekorační povrch než hladká nebo leštěná dutina. Pokusy na vnitřním obložení dveří ukazují, že kvalita povrchu i barva textilu zůstaly nezměněny (viz obr. 2.3.3). Slouží k vylepšení dekoračních povrchů při výrobě

obložení sloupků, vnitřního obložení dveří atd. Donedávna se používal vícevrstvý dekorační materiál. Přitom podkladový materiál, který je nasazován na zadní stranu, slouží k ochraně textilie proti přílišnému namáhání při výrobě lisovaných dílů.

Dalším použitím je např.: boční kapsa dveří z materiálu ABS (obr. 2.3.4) s relativně ostrými hranami a vyhloubením z různých dekoračních materiálů. Pro obložení sloupků se používá materiál (PC+ABS)-blend, osvědčený materiál, používaný běžně pro technologii vstřikování [23]. Další možnosti použití technologie IN MOULD je na (obr. 2.3.5).



Obr. 2.3.4 Boční kapsa dveří s textilním dekorem [18]



Obr.2.3.5 Cyklistické přilby a kryty k mobilním telefonům[17]

2.4 Definice pletenin

Pleteninu tvoří jedna nebo více soustav nití, které jsou navzájem provázány určitým způsobem pletařskou technikou, aby vznikl celistvý plošný útvar.

Celistvost se dosáhne vzájemným provázáním kliček, které lze považovat za základní stavební prvky pleteniny.

Způsob provázání umožňuje větší posuv nití ve vazném bodě. To znamená, že pletenina má větší schopnost se deformovat. [3]

2.5 Konstrukční parametry

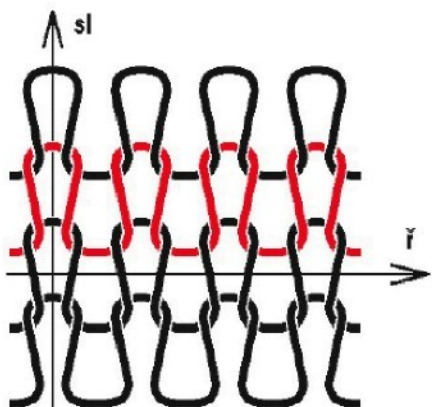
Vlastnosti pletenin jsou závislé na vlastnostech délkových textilií (vláken, nití, přízí) ze kterých jsou pleteniny konstruovány, dále pak na její konstrukci a na konečné úpravě.

2.6 Dělení pletenin

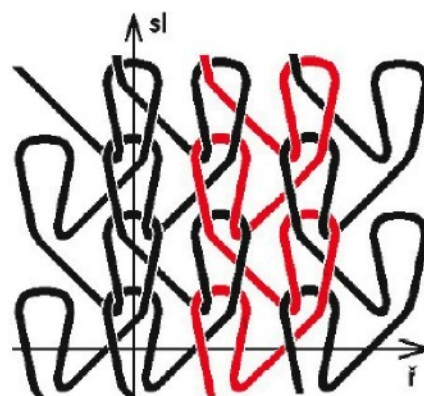
Pleteniny se dělí na dva základní druhy – pleteniny zátažné a pleteniny osnovní. Zátažná pletenina je vyrobena z příčné soustavy nití. Nítě procházejí pleteninou ve směru řádku, popřípadě může být pletenina zhotovena z jedné nitě (viz obr. 2.6.1). Osnovní pletenina je vyrobena z podélné soustavy nití. Nítě procházejí pleteninou ve směru sloupků. Každé očko pleteniny je vytvořeno ze samostatné nitě (viz obr. 2.6.2).

V každé vazební skupině – u zátažných i u osnovních pletenin existuje nejjednodušší vazba = vazba základní neboli hladká a dále pak její odvozeniny.

Druh a vazba charakterizují pleteninu pouze z hlediska strukturního a nemohou poskytnout celkový charakter a vlastnosti textilie. Úplná charakteristika pletenin musí obsahovat i údaje o materiálu, jemnosti, úpravě, popř. i o barvě a vzoru. [5]



Obr. 2.6.1 Zátažná pletenina [13]



Obr. 2.6.2 Osnovní pletenina [13]

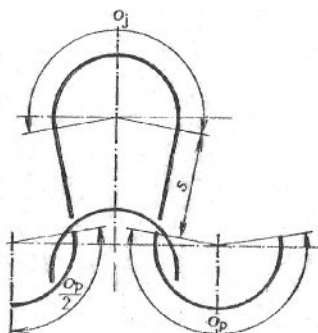
2.6.1 Zátažná pletenina

K vytvoření zátažné pleteniny se používá jedna vodorovná soustava nití. Každá nit v této soustavě vytváří řadu kliček nebo smyček, které se v příčném směru vzájemně proplétají a vážou.

Ve srovnání s osnovní pleteninou má zátažná pletenina zcela odlišnou strukturu, odlišný způsob tvorby vazby a jiný charakter mechanicko-fyzikálních vlastností.

Základním vazebním prvkem je očko. Tvar oka a způsob jejich vzájemného provázání dávají pletenině určité vlastnosti, jímž se odlišují pletené výrobky od ostatních textilií, především tkanin.

Očko je klička nebo smyčka protažena kličkou nebo smyčkou předcházející. Podle normy ČSN 80 0018 rozdělujeme tyto části oka (viz obr. 2.6.3). Skládá se z jehelního obloučku o_j – horní část oka spojující stěny, které se při pletení dotýká jehly. Platinový oblouček o_p – spodní část oka spojující stěny, která je při pletení ve styku s pleteninou. Stěny s – spojnice jehelních a platinových obloučků.



Obr. 2.6.3 Části oka zátažné pleteniny [3]

Podle způsobu provázání můžeme očka rozdělit na lícní a rubní.

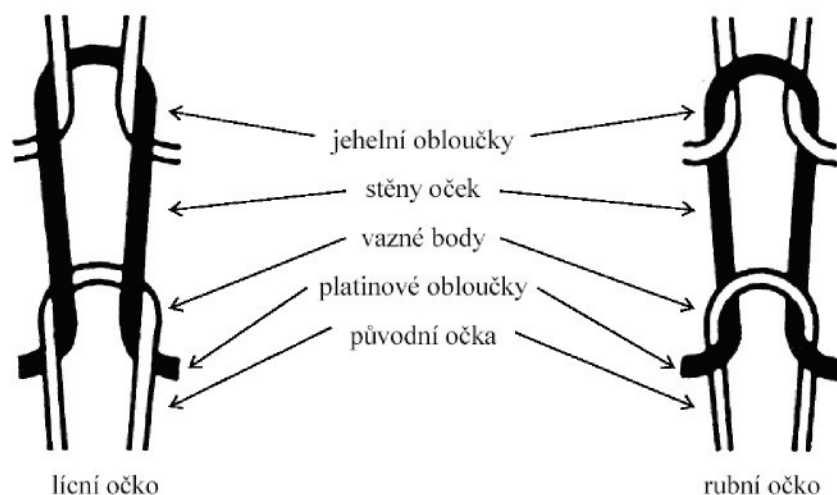
Lícní očko – klička je protažena předchozím vazebním prvkem zezadu dopředu.

V pletenině vznikají stěny oček (viz obr. 2.6.4) .

Rubní očko – klička je protažena předchozím vazebním prvkem zepředu dozadu.

V pletenině vznikají jehelní obloučky a stěny oček (viz obr. 2.6.4).

Podle střídání lícních a rubních oček dělíme pleteniny na zátažné jednolící pleteniny, zátažné oboulící pleteniny a zátažné obourubní pleteniny.

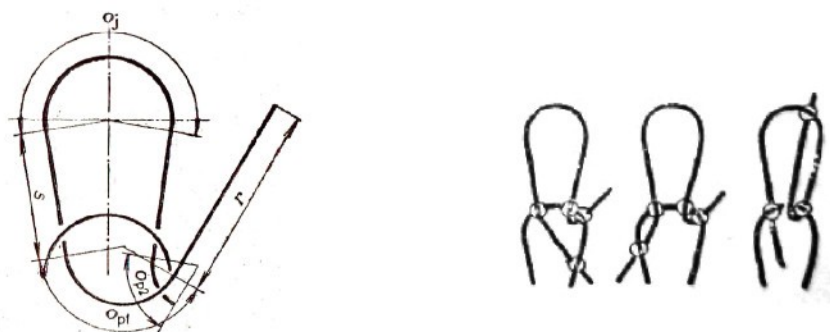


Obr. 2.6.4 Části lícního a rubního očka [6]

2.6.2 Osnovní pleteniny

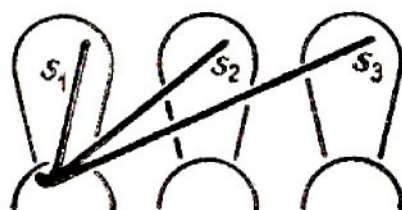
Osnovní pleteniny mají v porovnání se zátažnými zcela odlišnou strukturu a různý způsob tvorby řádku. Odlišnou strukturou jsou dány i vlastnosti této skupiny pletenin jako je: menší tažnost, pružnost a objemnost.

Mezi základní pojmy osnovní pleteniny patří očko. Očko je nesymetrický útvar, a tím je obtížněji definovatelný. Skládá se z jehelního obloučku oj , ze dvou stěn s a ze dvou platinových obloučků O_{p1} a O_{p2} . Dvě očka jsou spojena pomocí spojovací kličky r , která plynule navazuje na platinové obloučky (viz obr. 2.6.5).



Obr. 2.6.5 Očko osnovní pleteniny a různé polohy vazných bodů [13]

Spojovací klička leží na rubní straně pleteniny a na její délce závisí vzhled rubní strany pleteniny. Délka a tvar spojovací kličky závisí na kladení nití a podstatně ovlivňuje vlastnosti pleteniny (viz obr. 2.6.6).

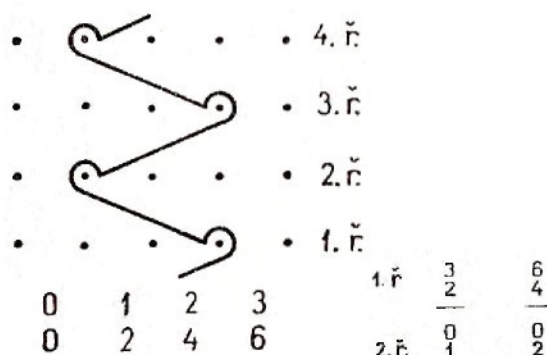


Obr. 2.6.6 Části očka osnovní pleteniny [3]

Kladením se rozumí pohyb kladecího přístroje, ve kterém je navedena nit vůči jehlám. Jednotlivé fáze pohybu kladecí jehly jsou určeny pro číselný záznam. Pro zápis vazby pleteniny vyráběné na osnovním stávku se používají celá čísla včetně nuly a pro zápis vazby vyráběné na rašlu se používají celá sudá čísla, jak je uvedeno na (obr. 2.6.7). Předpokládá se, že horní část očka, tj. jehlový oblouček a stěny očka jsou symetrické, zatímco spodní část je asymetrická vlivem různých tvarů platinových obloučků. Vlivem tuhosti nití vznikne v platinových obloučcích různá vnitřní energie, která má snahu očko deformovat tak, aby se tyto vnitřní energie vyrovnaly.

Geometrie očka je výrazně ovlivněna mechanicko-fyzikálními vlastnostmi použité nitě. Vzhledem k tomu, že očka osnovní pleteniny mají malé rozměry, používají se nitě s větší ohybovou tuhostí, která do značné míry ovlivňuje tvar očka a tím i celkovou strukturu pleteniny. Velká ohybová tuhost nitě podmiňuje vznik vnitřní energie ve struktuře pleteniny, která se mění na deformační práci. Tyto skutečnosti jsou dále ovlivněny relaxačním procesem, který také ovlivní výsledné vlastnosti pleteniny.

Vlastnosti osnovních pletenin závisí především na použitém materiálu a na struktuře.



Obr. 2.6.7 Zápis osnovního kladení [13]

2.7 Vybrané geometrické a mechanické vlastnosti pletenin

Mechanické vlastnosti plošných textilií jsou závislé na jedné straně na vlastnostech délkových textilií (vláken, přízí, nití) ze kterých jsou plošné textilie konstruovány. Na druhé straně jsou závislé na konstrukci samotné plošné textilie a rovněž na konečné úpravě. Konstrukci textilie, jejímž základním prvkem je vazný bod, ovlivňuje použitá technologie (v tomto případě pletení), způsob a druh interakcí mezi konstrukčními prvky (vazba, struktura) a v neposlední řadě také hustota zastoupení konstrukčních prvků v textilií (hustota sloupků a hustota řádků).

2.7.1 Hustota pleteniny

Hustota pletenin je jedna z nejdůležitějších vlastností pletenin. Je výsledkem základních technologických parametrů a způsobu výroby. Hustota se dá snadno technologicky ovlivnit a ve velké míře ovlivňuje další vlastnosti pletenin.

Hustota sloupků $H_s [m^{-1}]$ - udává počet sloupků pleteniny na jeden metr. (2)

Hustota řádků $H_r [m^{-1}]$ - udává počet řádků pleteniny na jeden metr. (3)

Hustota celková (plošná) $H_c [m^{-2}]$ - udává počet oček (resp. vazebních prvků) v ploše 1 m².

$$H_c = H_s * H_r \quad (4)$$

Plošná hmotnost pleteniny

$$m = (H_s * H_r * l * T) 10^{-6} \quad (5)$$

l – délka nitě v očku [mm]

T - jemnost délkového materiálu [tex]

2.7.2 Rozteč

Vzdálenost dvou sousedních lícních nebo rubních oček.

$$\text{Sloupků} \quad w = \frac{1000}{H_s} [mm] \quad (6)$$

$$\text{Řádků} \quad c = \frac{1000}{H_r} [mm] \quad (7)$$

2.7.3 Hustotní koeficient

$$k_h = \frac{H_r}{H_s} = \frac{w}{c} [1] \quad (8)$$

Odchylka čísel w/c od teoretické nebo za zkušenosti známé hodnoty signalizují nestabilitu struktury (tendenci k rozměrovým změnám). Ideální hodnoty:

ZJ, ZO = 1,25 – 1,27; chytové vazby až 2.

2.7.4 Pevnost pletenin

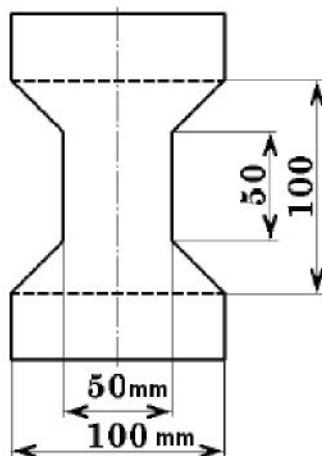
Pevnost nemá většinou pro pleteninu zásadní význam, protože je zřídka namáhána na mez pevnosti a k jejímu znehodnocení dojde převážně jiným způsobem než přetržením. Pouze v případě, kdy pleteninu nahrazuje tkanina určitých parametrů, musí se sledovat také pevnost. Většinou jde o pleteniny osnovní, které mají sníženou tažnost.

Anizotropie se projeví u pevnosti směrové. Výsledek může podstatně změnit konstrukci pleteniny. Budou-li se např. střídát řádky jednolící s oboulícními, je zřejmé, že se méně tažné jednolící řádky přetrhnou dříve a to při deformaci, která je vzhledem k řádkům oboulícním natolik malá, že oboulícní řádky budou přenášet jenom zanedbatelný podíl napětí. Budou-li se střídát řádky složené z oček, podložených kliček a chytových kliček, bude pevnost proti základní vazbě odlišná. Odhadnout tuto skutečnost je poměrně složité.

Podle charakteru namáhání rozlišujeme pevnost směrovou, kdy je zatížení jednosměrné (ve směru řádků 0° , směru sloupků 90° nebo v jiném úhlu) a pevnost plošnou (pevnost v průtlaku), kdy je pletenina namáhána všemi směry [3]. Pevnost pletenin je závislá na směru. Jiná bude ve směru sloupků, jiná ve směru řádků a podobně v dalších směrech. Zpravidla je největší pevnost ve směru sloupků, protože v tomto směru je zatížen dvojnásobný počet nití, na rozdíl od směru řádků, kde je pevnost nejmenší.

Tato práce se bude také zabývat pevností v tahu, tj. pevností směrovou. Experiment měření se provádí dle normy ČSN 80 0810.

Směrová pevnost pleteniny je dána zatížením [N], potřebným k přetržení daného vzorku. Pro směrovou pevnost je stanoven vzorek podle obr. 2.7.1 s upínací délkou 100 mm. Pevnost se vztahuje na užší část vzorku (50 mm); rozšíření u čelistí je proto, aby v tomto místě nedocházelo k přetrhu pleteniny. U čelistí vzniká oblast, kde nemůže nastat deformace pleteniny a vzniká přímé namáhání nití na tah. Vzorek pleteniny se upíná bez předpětí. Do čelistí se vzorek vkládá ve svinutém stavu (viz obr. 2.7.2). U obdélníkového vzorku dojde k přetrhu u čelistí.



Obr. 2.7.1 Vzorek pro zjišťování tažnosti a pevnosti



Obr. 2.7.2 Svinutý vzorek pro zjištění pevnosti a tažnosti

2.7.5 Tažnost pletenin

Tažnost je nejcharakterističtější vlastnost pleteniny a podmiňuje její použitelnost pro určité výrobky. Tažnost pleteniny může mít i negativní význam. Příliš velká tažnost brání použití pleteniny na výrobky, kde se požaduje tuhost, zachování tvaru apod. Tažnost ve směru sloupku i řádku je velmi rozdílná, což je také nevýhodou.

Tažnost pletenin je definována jako schopnost pleteniny měnit svůj tvar vlivem zatěžovacích sil, které působí buď ve směru sloupku nebo ve směru řádku.

Podle normy ČSN 80 0810 je tažnost dána prodloužením (protažením) vzorku pleteniny, zjištěním při přetržení a vyjádřením v procentech upínací délky (plochy). [4] Obecně lze tažnost vypočítat podle vzorce.- asi odstranit i vzorec

$$\varepsilon_p(s, l) = \frac{l_p - l_0}{l_0} * 100 \quad (9)$$

ε_p [%] - tažnost pleteniny,

l_0 [mm] - upínací délka vzorku pleteniny,

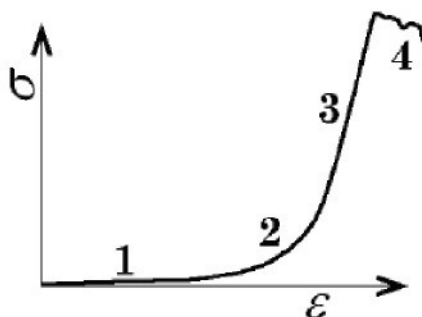
l_p [mm] - délka vzorku při přetrhu.

Tažnost a obecně možnost rozměrových změn u zátažných pletenin, může být extrémně veliká. Z praxe víme, že např. obouliční vazby mívají velikou příčnou tažnost a obourubní vazby podélnou tažnost.

U pleteniny je běžné, že např. dvojnásobné protažení v jednom směru může být doprovázeno zkrácením příčného směru v ještě větším poměru, např. na čtvrtinu. Paradoxně je tudíž nejen možné, ale docela běžné, že se plocha (tj. parametr w , c) pleteniny tahovým namáháním zmenší. [5]

Největší tažnost je zpravidla v příčném směru, protože do směru řádků se přemisťují dvě stěny oka, kdežto při podélné deformaci zůstávají tyto dvě stěny vedle sebe, takže ve směru sloupků je tažnost nejmenší.

Tažnost i pevnost spolu velmi úzce souvisí, jsou to jedny z nejdůležitějších deformačních vlastností pleteniny. Zjišťujeme je na dynamometru. Nejlépe lze tažnost a pevnost popsat pomocí deformační křivky, což je závislost napětí na deformaci (viz obr. 2.7.3).



Obr. 2.7.3 Deformační křivka pleteniny [4]

Typický průběh závislosti zatížení – přetržení pleteniny má tři charakteristické části.

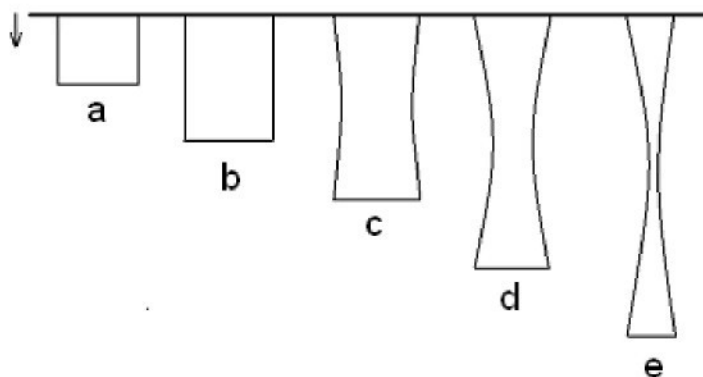
Úsek 1 má velký přírůstek deformace pleteniny, už při malých změnách napětí. Očka pleteniny se v této oblasti deformují tvarově a zároveň začíná docházet k posuvům vazných bodů po nitech.

Úsek 2 je charakteristický změnou strmosti deformační křivky, která je zde výraznější než v úsecích 1 a 3. Dochází zde k výraznějším změnám ve tvaru oka, kde se sousední vazné body začínají dotýkat.

V úseku 3 bylo již prakticky dosaženo maximálně možné tvarové deformace oka i maximálně možného posuvu vazných bodů, takže se v této nejstrmější části křivky začíná výrazněji uplatňovat i prodloužení zaplétané nitě.

Na konci úseku začíná destrukce pleteniny, která pokračuje v části 4 až do úplného přetrhu.

Při jednoosém namáhání se na vzorek pleteniny působí jen v jednom směru, buď ve směru řádků nebo sloupků. Při biaxiálním namáhání působí napětí na vzorek v obou směrech najednou. Pojem „jednoosé“ namáhání je však nemožné brát doslova. Vzorek pleteniny se i při takto označeném způsobu namáhání deformuje i ve směru řádků i sloupků. Během deformace zaujme tvar vlastní většině textilních materiálů s nejmenší šířkou uprostřed, dle obr. 2.7.4. Charakteristická je změna tvaru vzorku pleteniny v průběhu jednoosé deformace během experimentálního namáhání. Rozdíl mezi vzorky před začátkem deformace (a) a krátce před porušením (e) je zřetelný a příznačný pro většinu textilních materiálů. V případě pletenin se projevuje velmi významným způsobem. Na tento rozdíl může mít vliv mimo uvedené faktory také i druh použitého materiálu, druh pletařské vazby, hustota ...atd. [26]



Obr. 2.7.4 Změna tvaru vzorku během namáhání

Anizotropie se projeví u tažnosti směrové. Každé očko pleteniny, je-li podrobena tahu, může změnit svůj tvar, podobně změni svůj tvar i celý kus pleteniny. Vytahuje-li se pletenina do šířky, rozšíří se očka, přičemž se pletenina zkrátí na výšku. Vytahuje-li se pletenina do délky, po sloupku, vytáhnou se očka na výšku. Přitom se pletenina zúží na šířku. Podobně se očka přizpůsobí i tahu úhlopříčném.

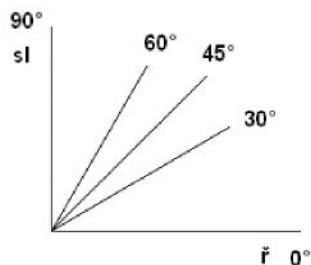
Tažnost pletenin je podmíněna vztahem mezi velikostí oka a tloušťkou materiálu. Typickou vlastností oka je vysoká deformační schopnost, která souvisí s délkou nitě tvořící oko. Oko, které je vzhledem k tloušťce materiálu dostatečně velké, může lehce měnit svůj tvar, protože nit oka má pro pohyb dost místa. Taková pletenina má velkou tažnost. Když je oko vzhledem k tloušťce materiálu malé, je pletenina příliš hustá a tuhá. Nit oka nemá dost místa pro zdeformování do jiného tvaru. Taková to pletenina je méně tažná.

Tažnost běžné pleteniny je výrazně větší než u tažnosti tkaniny, díky většímu zprohýbání nitě v pletenině. Co se týče směrů, je největší tažnost ve směru řádků a nejmenší ve směru sloupků, protože při namáhání v příčném směru se do směru deformace přemísťují dvě stěny oka, kdežto při podélné deformaci zůstávají tyto dvě stěny vedle sebe.

U některých vazeb to může být zcela jinak, např. vazba s vloženou útkovou nití apod.. Velká příčná tažnost pleteniny u zátažné obouliční vazby je způsobena tím, že struktura této vazby je příčně zprohýbaná. Naopak větší podélnou tažností se vyznačují pleteniny v zátažné obourubní vazbě, jejíž struktura je zprohýbaná podélně. [4]

Definice podle Staňka, na namáhání ve směru jedné soustavy (sloupek, řádek) není vždy výstižné pro dané použití plošné textilie, a proto se ještě provádí výstřih vzorků v různých směrech, obvykle v úhlovém kroku 15° . [12]

Ze získaných hodnot pevnosti a tažnosti, eventuálně ze stanovených bodů na tahových křivkách, se sestaví polární diagram. Ten vyjádří anizotropii mechanických vlastností dané plošné textilie při jejím namáhání v tahu různými směry (viz obr. 2.7.5).



Obr. 2.7.5 Směrová orientace

Tažnost osnovních pletenin je silně závislá na konkrétní vazbě a dá se jí snadno ovlivnit. Směrová tažnost je dána především orientací jednotlivých úseků nití zúčastněných na struktuře pleteniny.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tato část obsahuje popis výroby jednotlivých zkušebních vzorků, parametry vzorků, postupy testování, naměřená data a jejich vyhodnocení.

3.1 Plán experimentu

K dosažení cíle uvedeného v kap. 1 byl experiment naplánován následovně:

- testování textilií – pro technologii In mould Decoration
- testování zastříknuté textilie polymerem
- posouzení vhodnosti textilií pro technologii In mould Decoration

K realizaci experimentu byly k dispozici čtyři vzorky pletenin, z nichž byly vybrány tři vzorky pro odzkoušení vlastností surového úpletu a textilie zastříknuté polymerem. Vzorek pleteniny s číslem 4, kterým byl jednoočkový struk, byl zamítnut, protože nesplňoval požadavky pro zastříkované textilie (viz kap 3.5.1). Pro zhodnocení struktury textilie po zastříknutí materiálem PP byla využita obrazová analýza Lucia. K porovnání a zjištění vlastností z hlediska použití v průmyslu byla provedena zkouška namáhání v tahu. U tahové zkoušky textilie zastříknuté plastem byla vyhodnocena maximální síla a poměrné prodloužení při přetržení. Rovněž se zjišťovala tloušťka a hmotnost vzorků před i po nastříknutí textilie PP.

3.2 Vlastnosti vzorků pletenin určených pro technologii In Mould Decoration

3.2.1 Pleteniny použité pro experiment

Pro výrobu zastříkovaných textilií byly použity vzorky zaslané firmou Cadence Innovation. Jako textilie byly použity vzorky pletenin jak zátažných, tak i osnovních pletenin ze 100% PL.

Tyto pleteniny jsou vyztuženy zátažnou obouliční hladkou vazbou, která je také ze 100% PL. Jak již bylo řečeno v kap. 2.3.3, jedná se o spodní materiál, který slouží jako tepelná izolace vůči tavenině, stabilizuje horní materiál vůči posunutí při vstřikování a v neposlední řadě zvyšuje odolnost proti trhání. Konečný vzhled mohl být docílen valchováním, počesáním nebo postřihováním. Touto úpravou se dosáhne

měkkého zastřeného povrchu textilie s delším částečně urovnaným vlasem, který zakrývá vazbu.

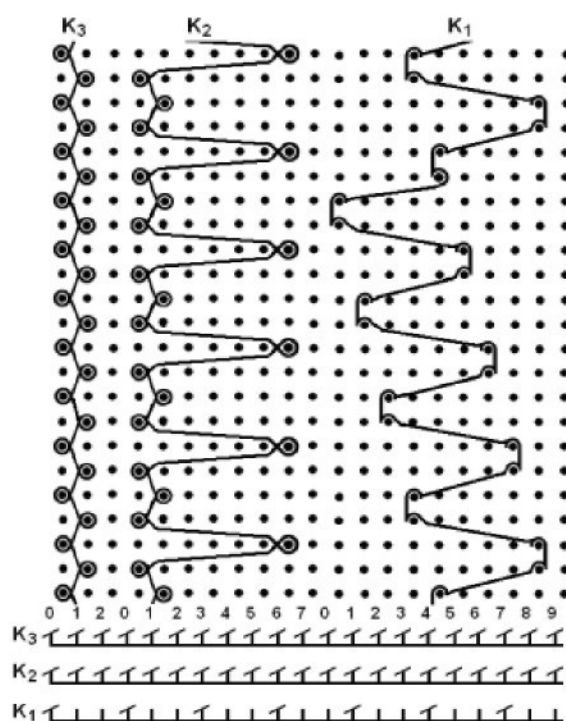
PLETENINA 1

Jedná se o pleteninu osnovní. Vazba třípřístrojová, na kterou bylo použito kombinované protisměrné kladení (viz obr. 3.2.1). U této vazby se použila rubní strana jako strana lící.

KP₃: Je plně navlečen a klade uzavřený trikot. Očka jsou viditelná tedy z rubní strany a v pletenině jsou rovná. Je to dáno protisměrným kladením s přístrojem K₂.

KP₂: Je plně navlečen. Kladecí přístroj klade několik řádků uzavřený trikot a pak se jeho kladení o šest jehel přesadí. Z lící strany jsou viditelné pouze dlouhé spojovací klíčky přes 6 roztečí, které vzbuzují dojem vloženého útku po řádku viz vzorek pleteniny 1 na straně 44.

KP₁: Je vzorově navlečen v poměru 1:2 (1 plný – 2 prázdný). Kladecí přístroj klade přímé otevřené kladení na dvě jehly a pak se přesadí o určitý počet roztečí. Z lící strany jsou viditelné pouze krátké spojovací klíčky, které leží kolmo na nitích kladených z KP₂. Dlouhé spojovací klíčky splývají s dlouhými spojovacími klíčkami KP₂, jak je možno vidět na vzorku pleteniny 1 na straně 44.



KP 3 1-0 / 1-2 //

KP 2 1-2 / 1-0 / 6-7 / 1-0 //

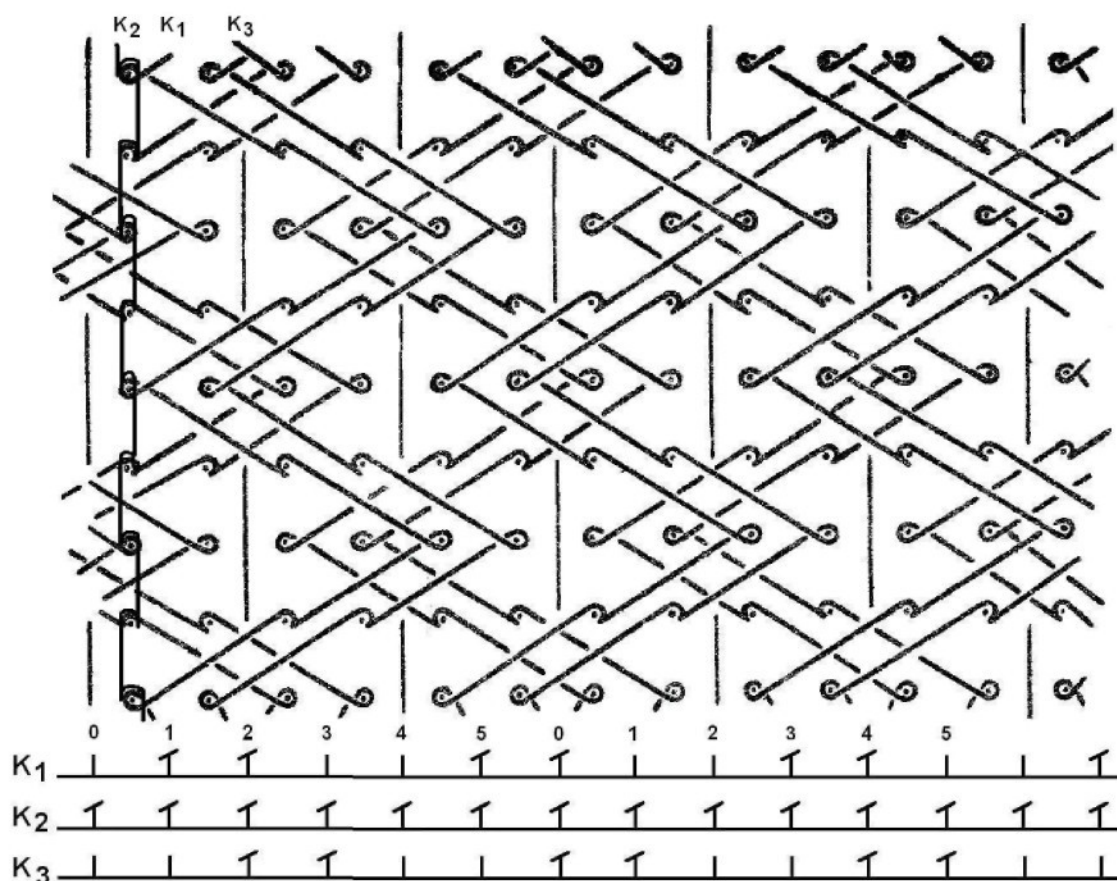
KP 1 4-5 / 8-9 / 9-8 / 4-3 / 3-4 / 7-8 / 8-7 / 3-2 / 2-3 / 6-7 / 7-6 / 2-1 / 1-2 / 5-4 //

Obr. 3.2.1 Zápis Pleteniny 1 – kladení a návlek KP

PLETENINA 2

Jde o pleteninu osnovní. Filetový vzor z atlasového kladení, kde se použilo vzorového navlečení kladečích přístrojů. Vazba je zpevněna otevřeným řetízem, který má plný návlek KP (viz obr. 3.2.2). Vzorové kladečí přístroje K1 a K3 kladou protisměrně a jejich navlečení je v poměru 2:2. Vzor bude mít pravidelné otvory po celé ploše textilie, které nejsou zcela viditelné kvůli malé hustotě pleteniny, jak je možno vidět na vzorku pleteniny 2 na straně 44.

Pozn.: Kladení na jehly u této vazby nemusí odpovídat skutečnému kladení, kterým byla tato pletenina vytvořena. Důvodem je složitost přesného určení vazby, neboť pletenina je velmi tmavá a nepřehledná. Vazba byla stanovena jednak na obrazové analýze Lucia a jednak páráním vazby. Bylo navrženo několik vazeb a z nich byla vybrána jedna, která by tomuto vzorku pleteniny mohla nejvíce odpovídat.



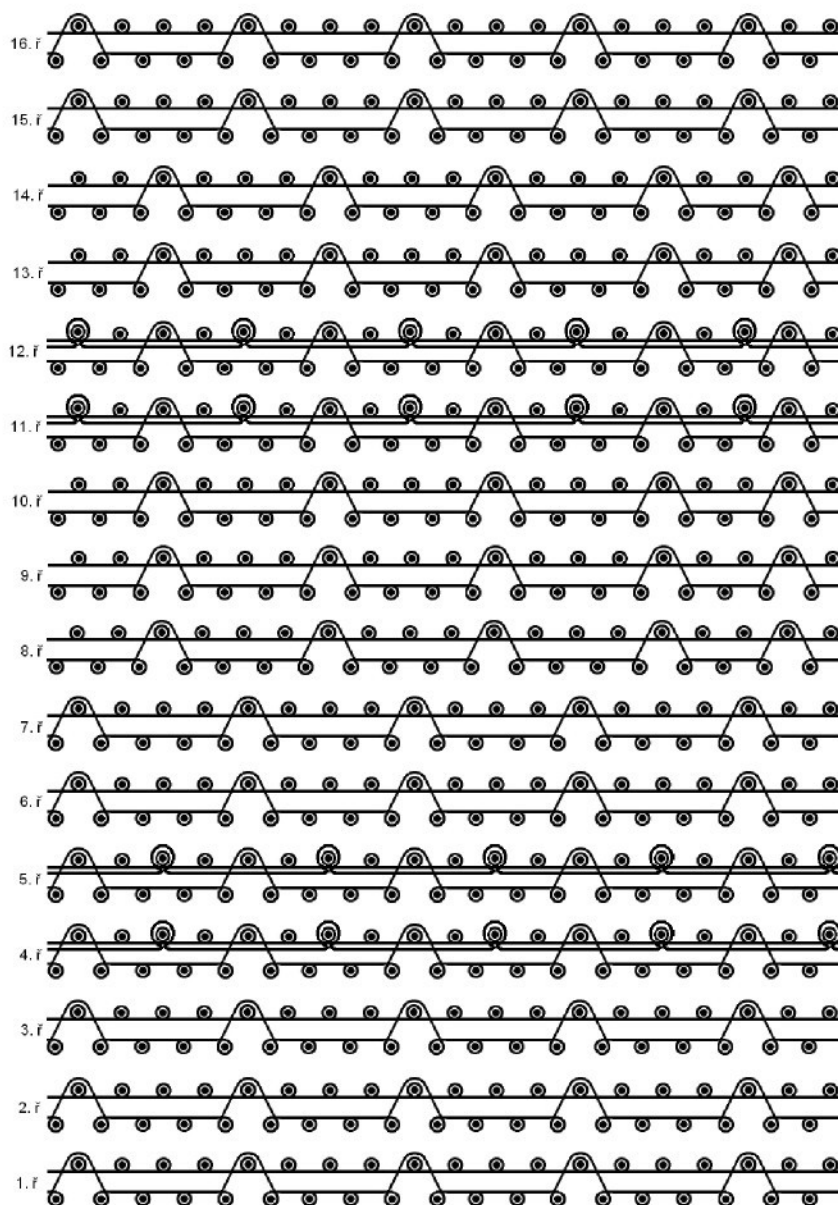
KP 1 1-0 / 2-3 / 4-5 / 3-2 //

KP 2 4-5 / 3-2 / 1-0 / 2-3 //

Obr. 3.2.2 Zápis Pleteniny 2 – kladení a návlek KP

PLETENINA 3

Jedná se o pleteninu zátažnou. Vazbou pleteniny je oboulícní dutá vazba spojená chytovými kličkami. Do některých řádků je vložena přídatná nit – krycí nit. Ta je ve vazbě držena formou oka na některých jehlách a to v poměru 1:3 (viz obr. 3.2.3). Tato vazba se řadí mezi dvouvrstvé zátažné pleteniny, poskytuje dobrou možnost oddělení materiálu lící a rubní strany a zároveň vytvoří nenápadný plastický efekt, tzv. „chytový transparent“. V místě chytu vznikají prohlubně, kde z lící strany chybí platinový oblouček. Chytové kličky nejsou na protější straně nápadné, nit je krytá rubními kličkami. Ve vazbě je využita i barevná záměna nití (viz. vzorek pleteniny 3 na straně 44).



Obr. 3.2.3 Anglický zápis Pleteniny 3

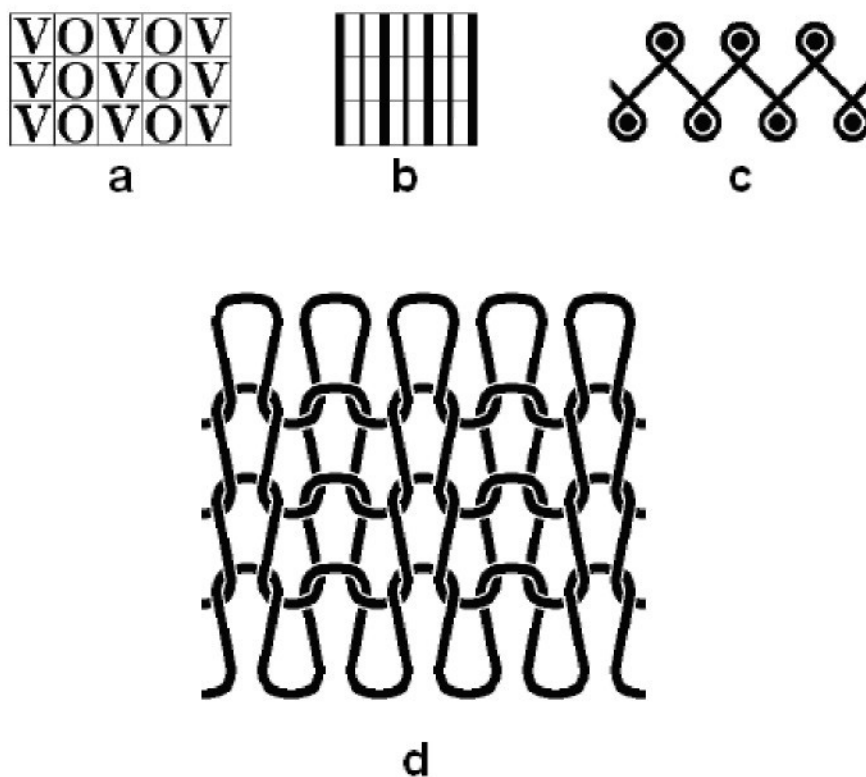
SPODNÍ MATERIÁL

Jak již bylo řečeno v této kapitole, spodním materiálem je zátažná oboulící hladká vazba, která vyztučuje vrchní materiál a slouží jako tepelná izolace vůči tavenině, stabilizuje horní materiál vůči posunutí při vstřikování, zvyšuje odolnost proti trhání.

Na obrázku 3.2.4 je znázorněn zápis vazby a prokreslení vazby. Na straně 44 je možno vidět spodní materiál na vzorcích pletenin 1, 2, 3 z rubní strany.

Vlastnosti vazby - zprohýbání řádků samotné zátažné oboulící hladké vazby vede ke zvětšení příčné tažnosti přibližně na dvojnásobek oproti ZJ hladké vazby. Protože u ZJ byla příčná tažnost větší než podélná, je u ZO ještě větší.

V porovnání s jednolící pleteninou je zde dvojnásobný počet sloupků. To způsobuje, že hodnoty pevnosti po sloupku, tažnosti po řádku, hmotnosti a tloušťky jsou teoreticky dvojnásobné. Vyšší tloušťka je příčinou dobrých tepelně izolačních vlastností.

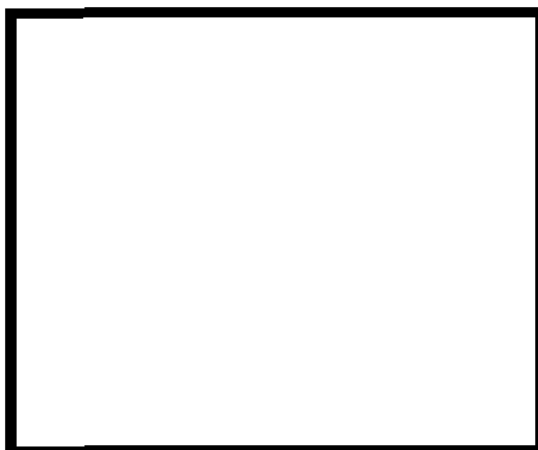


Obr. 3.2.4 Zápis a prokreslení spodního materiálu zátažné oboulící hladké:
a) systém VÚP, b) systém Prusa, c) systém anglický, d) prokreslení vazby

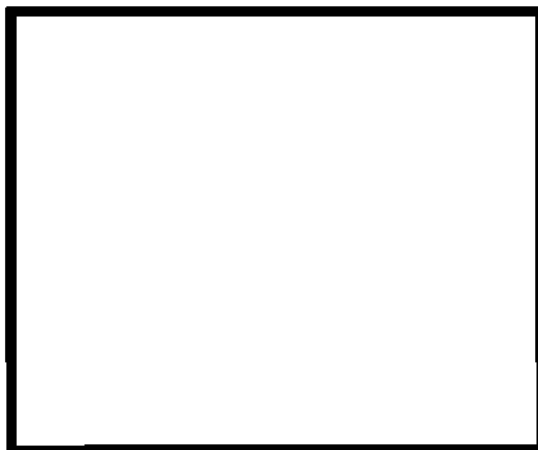
VZOREK PLETENINY 1



VZOREK PLETENINY 2



VZOREK PLETENINY 3



3.2.1.1 Textilní materiál u použitých pletenin

Vrchní část pletenin určených k experimentu byl vyroben z materiálu polyester (PL). Na spodní část pletenin byl použit také PL.

Vlastnosti PL:

- teplota tání 256° C;
- nízký koeficient tření $\mu = 0,174$.

Výhody:

- dobré mechanické vlastnosti;
- odolnost vůči oděru;
- dobrá termoplasticita;
- lépe odolává slunci než PA;
- dobrá termická odolnost (200° C);
- rychlé schnutí a snadná údržba.

Nevýhody:

- Vysoká žmolovitost;
- Nízká navlhavost;
- Nabíjení elektrostatickou elektřinou [11].

3.2.2 Základní parametry pletenin

V následující tabulce jsou uvedeny základní parametry vybraných vzorků pletenin použitých pro experiment.

Tab. 2: Základní parametry pletenin

OZNAČENÍ	H_f [m ⁻¹]	H_s [m ⁻¹]	H_c [m ⁻²]	K_h	c [mm]	w [mm]	h [mm]	ρ_s [g*m ⁻²]
VAZBA 1	1800	1000	$1800 \cdot 10^3$	1,80	0,56	1	1,59	451,12
VAZBA 2	1600	1800	$2080 \cdot 10^3$	0,88	0,63	0,5	1,72	387,22
VAZBA 3	1800	1000	$1800 \cdot 10^3$	1,80	0,56	1	1,84	435,46

H_{fs} – byla měřena na nenapnutém vzorku pleteniny na délce 50 mm pleteniny a je přepočítána na jednotku délky [m⁻¹].

Tloušťka textilie

Tloušťka byla měřena na tloušťkometru Computex podle normy ČSN ISO 5084.

Definice tloušťky textilií podle normy

Tloušťka textilií je kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami přičemž na textilii působí přitlak 1 kPa nebo nižší.

Podstata zkoušky

Měření tloušťky textilií jako vzdálenost mezi základní deskou na které je vzorek umístěn a paralelním kruhovým přitlačným kotoučem, který vyvíjí specifický přitlak na zkoušenou plochu textilie.

Stanovená plocha přitlaku kotouče je 1000 mm² a stanovená doba měření je 30 sekund.

Z každé pleteniny se provede 10 měření, ze kterých se vypočítá aritmetický průměr (podle vztahu 10). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Plošná hmotnost

Plošnou hmotnost lze zjistit výpočtem nebo vážením. Vážení bylo provedeno na elektronických vahách Scaltec SBC 41. Vážily se vzorky o rozměrech 100 x 100 mm. Měřilo se 5 vzorků od každé pleteniny. Z naměřených hodnot se podle vztahu (10) vypočítá střední hodnota, jejíž velikost je uvedena v tabulce 2.

3.2.3 Měření mechanických vlastností vzorků pletenin

Pevnost a tažnost pletenin byla hodnocena podle normy ČSN 80 0810 [10]. Měření bylo provedeno na přístroji Instron 4411 (viz obr. 3.2.5).

3.2.3.1 Popis trhacího stroje INSTRON 4411

Trhací stroj (viz obr. 3.2.5) je zkušební zařízení, které vyvolává sílu na upnutý vzorek a udává hodnoty zjištěných veličin. Je to elektromechanický dvousloupcový stroj, který se skládá ze spodního pevného příčnicku vodicích sloupů a bez vůle uložených závitových vřeten. Příčnický jsou pevné konstrukce. Zatěžovací rám je ve slabé variantě bez ukotvení volně na nohách, které jsou tlumeny proti chvění.



Obr. 3.2.5 Trhací stroj Instron 4411 [14]

3.2.3.2 Příprava vzorků k měření

Pro zkoušku na trhacím stroji byly připraveny vzorky pletenin podle předem připravené šablony (viz obr. 2.7.1), podle normy ČSN 80 0810. Vzorky byly vystřiženy a měřeny v různých směrech (0° ; 45° ; 90°).

NASTAVENÍ PARAMETRŮ TRHACÍHO STROJE INSTRON 4411

Pro testování vzorků byly použity tyto parametry:

- Dovolené zatížení: 5 N, 10 N, 100 N, 5 000 N.
- Rychlost měřicí hlavy: 115 mm/min.
- Přesnost posuvu: (nezatížené $\pm 2\%$ 100 mm nebo 30 vteřin).
- Předpětí: 0N.
- Návrat do výchozí pozice: $\pm 0,05$ mm.
- Upínací délka: 100 mm

Rychlost 70 mm/min byla volena dle přiblížení se normě ČSN 80 0810 [10], kde je uvedena průměrná doba do přetrhnutí vzorku 50 ± 10 sekund.

V každém směru (0° ; 45° ; 90°) bylo provedeno 5 měření. Naměřené hodnoty směrové pevnosti a tažnosti byly zpracovány běžnou statistickou metodou podle vztahu (10, 11, 12) a jsou uvedeny v příloze A, tabulkou A1. Hodnotily se následující veličiny:

Střední hodnota
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (10)$$

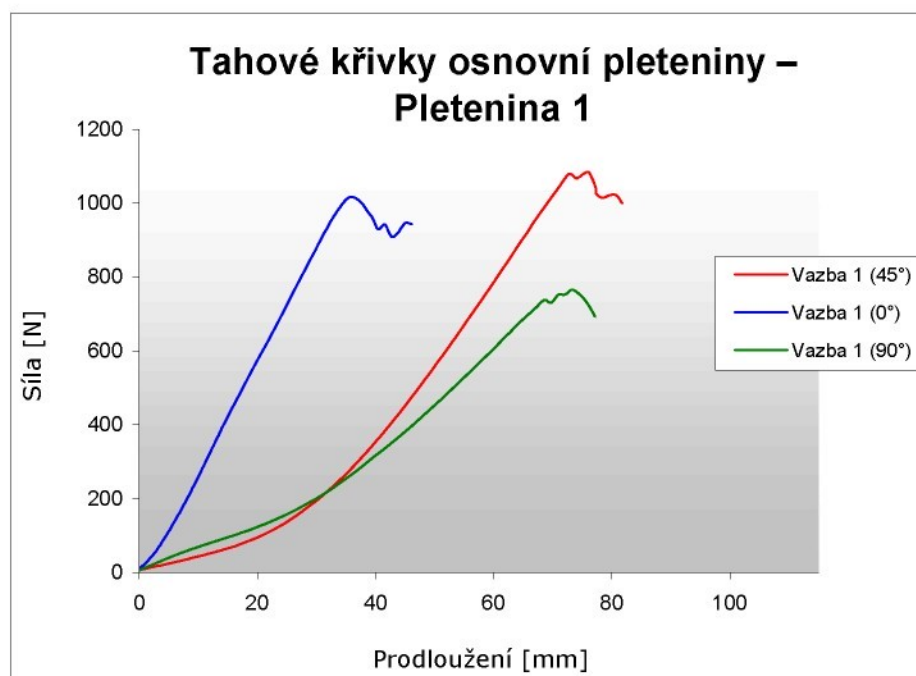
Směrodatná odchylka
$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

Variační koeficient
$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 [\%] \quad (12)$$

Kde x_i - značí naměřenou hodnotu

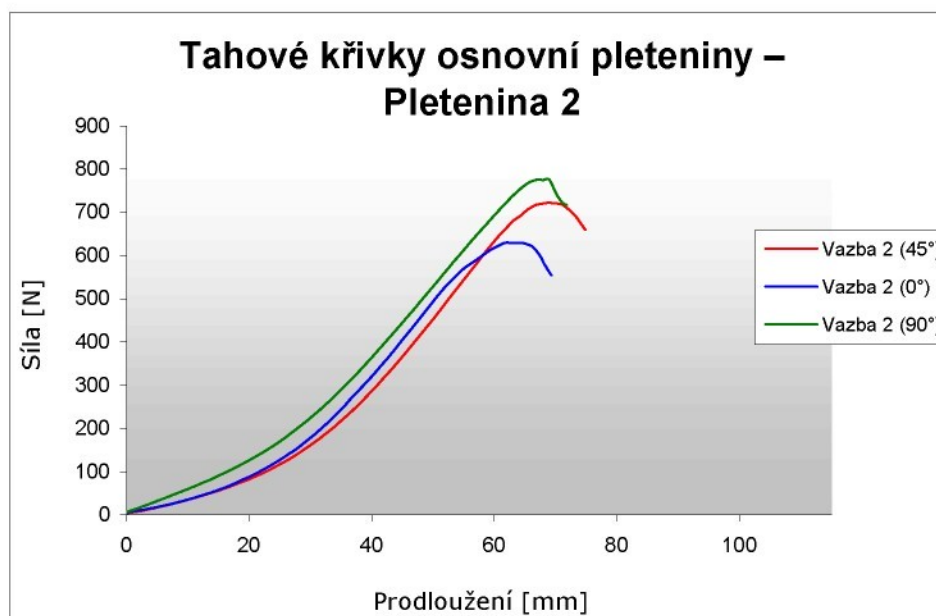
n - značí počet měření

3.2.4 Vyhodnocení tahových křivek



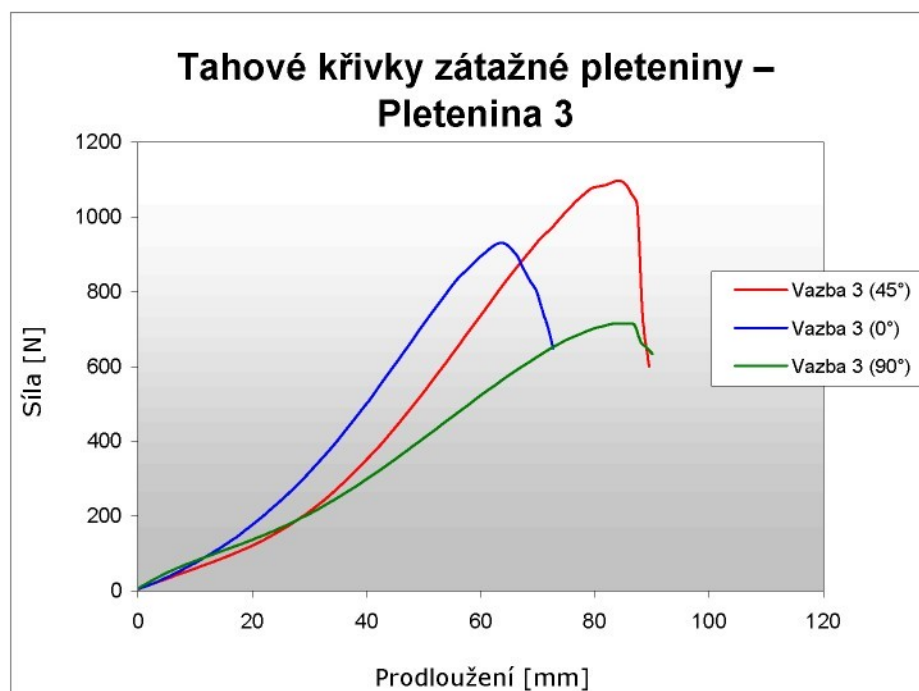
Graf 1: Tahové křivky Pletenina 1

Z tahových křivek osnovní pleteniny lze vyvodit, že vzhledem k postupné změně směru měření má pletenina větší tažnost ve směru sloupků a pevnost ve směru řádků.



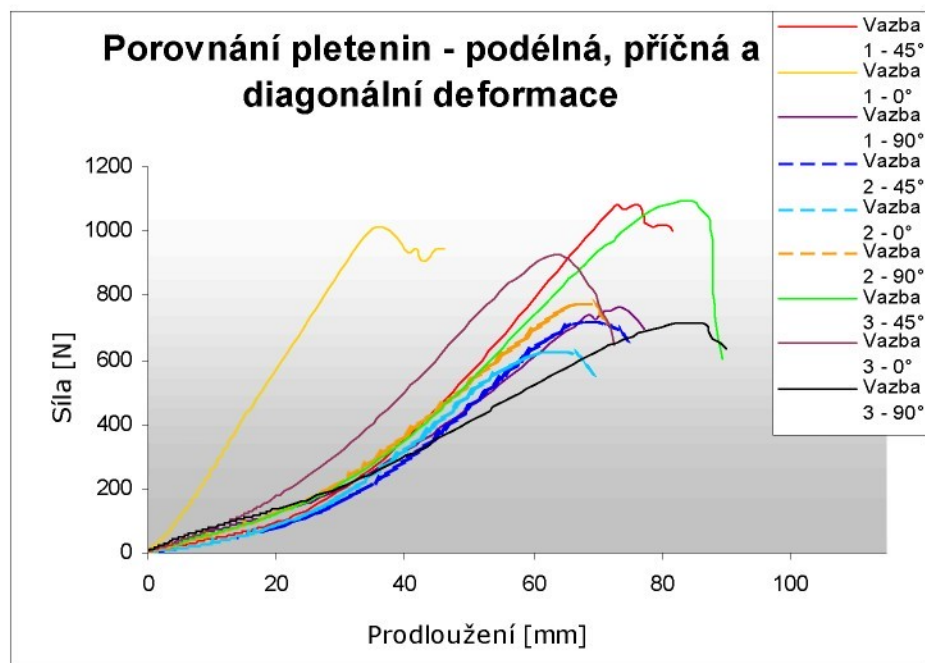
Graf 2: Tahové křivky Pletenina 2

Z tahových křivek osnovní pleteniny je patrné, že křivky (0° ; 45° ; 90°) mají takřka tvar odpovídající charakteristické deformační křivce, tudíž mají i podobný průběh.



Graf 3: Tahové křivky Vazba 3

Z tahových křivek zátažné obouřicní pleteniny můžeme vyčíst vysokou pevnost ve směru 45° . Ve směru 90° je pevnost poměrně nízká a naopak tažnost vysoká.



Graf 4: Tahové křivky Pletenina 1, Pletenina 2, Pletenina 3

3.2.5 Vyhodnocení získaných výsledků tahových křivek

Tahové křivky osnovní pleteniny - Pletenina 1. Z grafu 1 je vidět následující vzestupné uspořádání tahových křivek: 0°, 45°, 90°. Z tohoto uspořádání vyplývá, že u pleteniny 1 je největší tažnost v podélném směru 90°.

Tažnost pleteniny je podmíněna vztahem mezi velikostí oka a tloušťkou materiálu (viz kap. 2.7.5). Typickou vlastností oka je vysoká deformační schopnost, která souvisí s délkou nitě tvořící oko. Očka v pletenině jsou vzhledem k tloušťce materiálu malá a pletenina je příliš hustá a tuhá. Nit oka nemá dost místa pro zdeformování do jiného tvaru, a pletenina je méně tažná.

Tažnost osnovních pletenin závisí ve velké míře na vazbě a na směrové charakteristice vedení nitě pleteninou. Pletenina 1 se skládá z protisměrného kladení uzavřeného trikotu a kombinace uzavřeného trikotu s přesazením o 6 roztečí po několika řádcích. Vazba je doplněna o přesazovaný otevřený řetízek, kde se střídá krátká spojovací klička s dlouhou spojovací kličkou. V některých řádcích dojde k protisměrnému kladení trikotu KP_3 a trikotu KP_2 , což způsobuje rozměrovou stabilitu pleteniny, ale v některých řádcích se vystřídá protisměrné kladení trikotu KP_3 s dlouhou spojovací kličkou kombinovaného kladení KP_2 , a mělo by dojít k zvýšení tažnosti. Překrytí delších spojovacích kliček KP_2 kratšími spojovacími kličkami otevřeného přesazovaného řetízku KP_1 bude zvyšovat stabilitu pleteniny.

Přetrhová pevnost stoupá následovně: 90° , 0° , 45° . Největší hodnoty pevnosti dosáhla pletenina ve směru 45° . Poměrně dobrá pevnost je také ve směru řádku 0° . Dá se předpokládat, že tento výsledek je velmi ovlivněn vazbou. Jedná se vazbu trojitou, tedy o kladení uzavřeného trikotu a kombinace uzavřeného trikotu s přesazením o 6 roztečí po pár řádcích zpevněná vzorovým kladením otevřeného řetízku.

Při použití tří soustav nití dojde ke zlepšení mechanicko-fyzikálních vlastností pleteniny, tzn. ke zvýšení pevnosti, snížení tažnosti, zlepšení tepelně izolačních vlastností, zvýšení hmotnosti apod.

Tahové křivky osnovní pleteniny - Pletenina 2. Z grafu 2 lze vyčíst následující uspořádání tahových křivek ve vzestupném pořadí tažnosti: 0° , 45° , 90° . Z grafu je patrné, že tažnost této pleteniny ve všech třech směrech je téměř shodná, avšak největší hodnotu tažnosti má směr 45° . Rozdíl tvaru křivek není tak velký jako v předchozím případě. Jedná se o pleteninu osnovní trojitou. Kombinací tří vazeb vzniká pletenina s minimální tažností ve všech směrech, a zvyšuje se její pevnost. Můžeme předpokládat, že tažnost je ovlivněna použitou vazbou pleteniny. Filetový vzor byl vytvořen z protisměrného atlasového kladení posunutého přes jednu jehlu. Tato vazba je dále doplněna o řetízek, který snižuje tažnost po řádku. Je to dáno minimální délkou spojovacích klíčků.

U této vazby opět hraje velkou roli tloušťka materiálu. Očka v pletenině jsou vzhledem k tloušťce materiálu malá a pletenina je příliš hustá a tuhá. Nit očka nemá dost místa pro zdeformování do jiného tvaru, a pletenina je méně tažná.

Přetrhová pevnost stoupá: 45° , 0° , 90° . Největší hodnotu pevnosti dosáhla pletenina ve směru namáhání 90° . Pevnost ve směru sloupků může ovlivňovat počet nití, jejich zprohýbání a opásání nití v řádcích.

Pevnost u této Pleteniny 2 je opět závislá na použité vazbě, kterou je filetový vzor vytvořený z protisměrného atlasového kladení posunutého přes jednu jehlu. Tato vazba je dále doplněna o řetízek, který danou Pleteninu 2 zpevňuje ve směru sloupků.

Opět je zde použito tří soustav nití, které nám zlepší mechanicko-fyzikální vlastnosti, tzn. zvýšení pevnosti, snížení tažnosti, zlepšení tepelně izolačních vlastností, zvýšení hmotnosti apod.

Tahové křivky zátažné pleteniny - Pletenina 3. Z grafu 3 zátažné obouliční pleteniny je patrné, že přetrh pleteniny po sloupků a řádků se liší. Křivka přetrhu pleteniny po sloupku je velmi pozvolná oproti křivce přetrhu pleteniny po řádku není až tak strmá.

Z grafu 3 je vidět následující vzestupné uspořádání tahových křivek: 0° , 45° , 90° . Z tohoto uspořádání vyplývá, že u této vazby je největší tažnost ve směru 90° . Ve směru 0° je tažnost daleko menší, což se vůbec neshoduje s teoretickými předpoklady, které jsou ovlivněny použitou vazbou.

Pletenina 3 se skládá z oboulící duté vazby, kde ke spojení lící a rubní strany se využije chytová klička (tvoří se malé dutinky). Ve zkoušce tahem se projevují vlastnosti jednolící hladké vazby než vlastnosti vazeb oboulících. Tažnost podle teorie by měla být větší ve směru řádků, protože se očko při příčné deformaci přetvaruje a většina délky nitě se položí do příčného směru. Při podélné deformaci zůstávají dvě nitě vedle sebe a prodloužení pleteniny je zhruba dvakrát menší. V tomto případě tažnost ve směru řádků dále ovlivňuje přídatná nit, která je vkládána do některých řádků pleteniny. Držena je formou oka v poměru 1:3. Dlouhé spojovací kličky této přídatné nitě opět způsobují zpevnění vazby a omezení její tažnosti v příčném směru. U pleteniny 3 je tažnost v příčném směru menší než v podélném.

Znovu hraje u této vazby roli tloušťka materiálu. Očka v pletenině jsou vzhledem k tloušťce materiálu malá a pletenina je příliš hustá a tuhá. Nit oka nemá dost místa pro zdeformování do jiného tvaru, a pletenina je méně tažná.

Přetrhová pevnost stoupá takto: 90° , 0° , 45° . Největší pevnost je ve směru 45° . Pevnost této pleteniny je opět dána použitou vazbou. Pevnost zvyšuje i počet použitých soustav nití, z čehož vyplývá, že čím více nití v pletenině máme, tím je pevnost pleteniny větší.

Materiál vyztužující Pleteniny 1, 2, 3 z rubních stran a jeho vliv na zkoušku tahem. Pleteniny, které byly podrobeny tahové zkoušce, jsou z velké míry ovlivněny také vlastnostmi oboulící zátažné pleteniny, jež je s nimi spojena. Zprohýbání řádků samotné zátažné oboulící hladké vazby vede ke zvětšení příčné tažnosti. Výsledná „dvojitá“ pletenina má zcela jiné vlastnosti, než by měla jako samotná „jednoduchá“.

V grafu č. 4 je porovnání všech měřených pletenin podrobených tahové zkoušce ve všech směrech 0° , 45° , 90° .

Nejvyšší tažnost vykazuje Pletenina 3 - zátažná dutá pletenina ve směru sloupků a nejmenší tažnost má pak Pletenina 1 – pletenina osnovní ve směru v řádku. Nejpevnější pleteninou byla Pletenina 1 – osnovní pletenina v úhlu 45° . Nejmeně pevná byla Pletenina č. 2 – pletenina osnovní ve směru řádku.

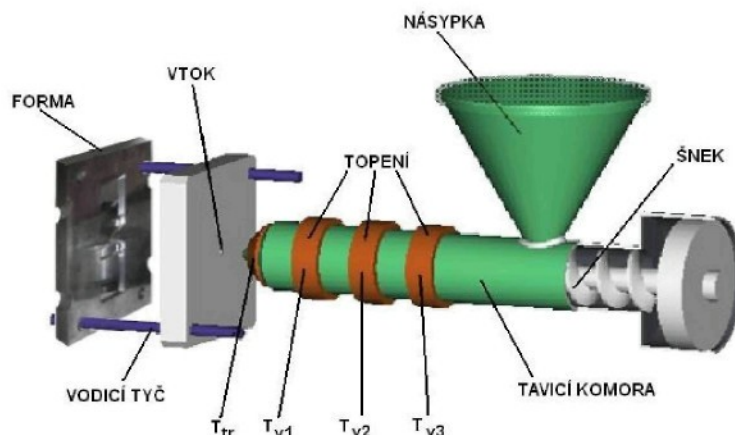
Naměřené hodnoty směrové pevnosti a tažnosti byly zpracovány běžnou statistickou metodou podle vztahu (10, 11, 12) a jsou uvedeny v příloze A, tabulkou A1.

3.3 Výroba a charakteristika zastříkovaných textilií technologií In Mould Decoration

Pro zhotovení zastříkovaných textilií byly použity tři druhy vzorků (podrobný popis vzorků viz kap. 3.2.1). Vzorky vkládaných materiálů byly předem připraveny (nastříhání, volba orientace) pro technologii vstřikování. Pro zastříkování zvolených vzorků byl použit materiál PPcompound 7990 Provisional od firmy SABIC Central Europe, který se používá pro zastříkování textilií používaných v automobilovém průmyslu (podrobný popis viz kap. 3.3.1).

Dále bylo provedeno vlastní vstřikování vybraného plastu na stroji, jehož schéma je na obrázku 3.3.1. Do formy (viz kap. 3.3.3), byly vkládány různé pleteniny, které tvořily povrchovou vrstvu formy. Ukázky těchto výsledků jsou uvedeny v kapitole 3.3.6 viz obr. 3.3.6, obr. 3.3.7 a obr. 3.3.8.

Dále byla provedena zkouška tahem a bylo provedeno vyhodnocení získaných výsledků.



Obr. 3.3.1 Princip vstřikování [2]

3.3.1 Použitý materiál pro vstřikování

Jak již bylo uvedeno pro zastříkování zvolených textilií byl použit materiál PPcompound 7990 Provisional od firmy SABIC Central Europe. Materiálový list použitého plastu, je uveden v příloze B, tabulka B.1. PPcompound 7990 Provisional je polypropylénovým elastomerem modifikovaná MF (Melamin formaldehydová pryskyřice), která je upravená pro tvarové vstřikování. PPcompound 7990 je minerální polypropylen, jenž se užívá u automobilových interiérů. Materiál se vyznačuje vysokým tokem a vysokou tuhostí, což jej činí zvláště vhodným pro míšení i s jinými materiály. PPcompound 7990 se používá zejména pro automobilový průmysl.

3.3.2 Použitý vstříkovací lis

Experiment byl proveden na vstříkovacím lisu ENGEL ES 25/50 (viz obr. 3.3.2) má tyto parametry:

- Uzavírací síla: 50kN
- Vstříkovací kapacita: 25 cm³



Obr. 3.3.2 Vstříkovací lis ENGEL ES 25/50 [15]

3.3.3 Použitá vstříkovací forma

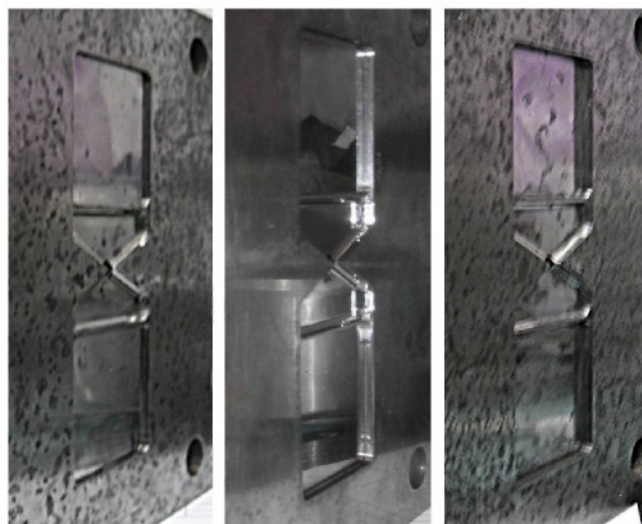
Forma zvolená k zastříknutí, které se říká tzv. motýlek nebo destičky, se na katedře strojírenské technologie, oddělení tváření kovů a plastů používá ke zjištění smrštění plastů dále se dá použít také k hodnocení vzhledových vlastností (viz obr. 3.3.3 a viz obr. 3.3.4) zastříknuté textilie.

Forma, která se používá pro zkoušku tahem se nazývá tzv. tyčinka. Forma nemohla být použita, protože po zastříknutí textilií polymerem došlo k protržení vrchní textilie, čímž byl výrobek zcela znehodnocen.

Forma destičky byla vybrána hned ze tří důvodů. Prvním z nich je, že následnou úpravou můžeme tento výlisek použít pro tahovou zkoušku (viz kap. 3.4.2). Druhým důvodem byla snadná možnost výměny formy s rozdílnou tloušťkou tvarové dutiny a třetím důvodem bylo velmi snadné zakládání zvolených materiálů.



Obr. 3.3.3 Vstřikovací forma



Obr. 3.3.4 Vstřikovací forma – detail (z pravé strany hloubka: 2 mm, 3 mm, 4 mm)

3.3.4 Vkládaný materiál

Ke zhodnocení mechanických vlastností za různých tlakových podmínek a různé tloušťky vstřikovaného plastu, dále pak ke zhodnocení deformace struktury textilie po zastříknutí byly vybrány textilie viz. kap. 3.2.1.

3.3.5 Výroba zastříknutých textilií na vstřikovacím stroji

Na vstřikovacím stroji ENGEL ES 25/50 byly za konstantní teploty, dvou tlacích a v různých tloušťkách zhotoveny vzorky. Jednotlivé textilie byly vkládány do vstřikovací formy tak, že polypropylén se nastříkl vždy na rubní stranu textilie (vždy na zpevňující ZOL vazbu). Při experimentálním měření na vstřikovacím stroji se měnila orientace textilie ve formě, dále pak tloušťka destičky a následně vstřikovací tlak viz. tabulka 3.

Veškeré ostatní parametry (teplota taveniny, doba vstřiku, doba chlazení, použitý plast, atd.) byly konstantní. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 3: Použité parametry pro vstřikování

orientace textilie ve formě [°]	0	45	90
tlak [MPa]	1	4	-
tloušťka destičky [mm]	2	3	4

Tab. 4: Podmínky vstřikování

materiál	PP
Teplota taveniny	190° C
Doba vstřiku	12 s
Doba chlazení	15 s

Při každé výměně tloušťky destičky a při změně tlaku, apod. nebyly destičky, získané během rozběhové fáze, do měřených výrobků uváděny.

3.3.6 Zastříknuté vzorky

Fotografie zastříknutých textilií byli zhotoveny pomocí obrazové analýzy – Lucia.

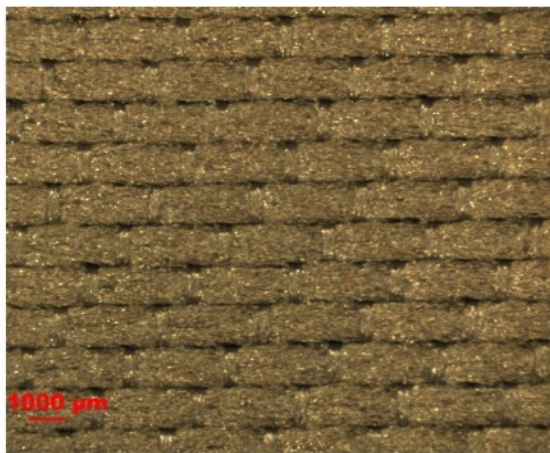
Obrazová analýza – Lucia je programový systém vyvinutý pro pořizování a ukládání obrazů, interaktivní měření geometrických vlastností vláken, přízí a plošných textilií nebo jiných netextilních materiálů (viz obr. 3.3.5). Systém umožňuje archivování rozsáhlých obrazových sekvencí a jejich zpracování. Části systému: PC se softwarem Lucia, kamera, mikroskop, makroskop. [19]



Obr. 3.3.5 Obrazová analýza - Lucia

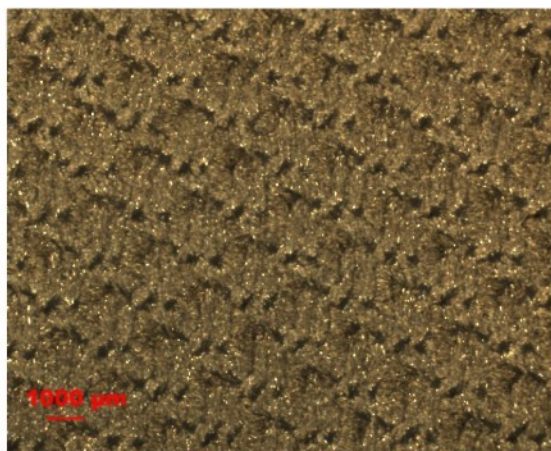
Na následujících obrázcích (obr. 3.3.6 až 3.3.8) jsou uvedeny příklady zastříknutých textilií. Všechny fotografie zastříknutých textilií jsou uvedeny v příloze C.

Příklad zastříknuté osnovní pleteniny obr. 3.3.6



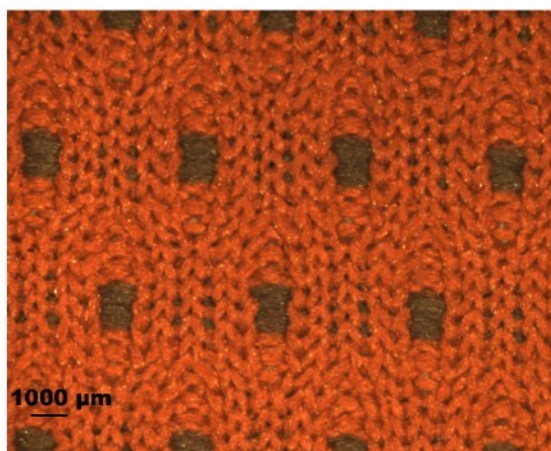
Obr. 3.3.6 Zastříknutá osnovní pletenina – Vazba 1
zvětšení 11,76 $\mu\text{m}/\text{px}$

Příklad zastříknuté osnovní pleteniny obr. 3.3.7



Obr. 3.3.7 Zastříknutá osnovní pletenina – Vazba 2
zvětšení 11,76 $\mu\text{m}/\text{px}$

Příklad zastříknuté osnovní pleteniny obr. 3.3.8



Obr. 3.3.8 Zastříknutá zátažná pletenina – Vazba 3
zvětšení 11,76 $\mu\text{m}/\text{px}$

3.3.7 Naměřené parametry zastříknutých textilií plastem

V této kapitole jsou znovu naměřeny geometrické parametry pletenin po zastříknutí plastem (viz. tab. 5 a tab. 6). Důvodem je posouzení vlivu zastříkovaného plastu na vlastnosti pletenin. A též se hodnotí vliv tlaku vstřikování na deformaci struktury pletenin.

Tab. 5: Parametry pletenin ve výrobku (vstřikovací tlak 1 MPa)

p = 1 MPa						
OZNAČENÍ	H_f [m ⁻¹]	H_s [m ⁻¹]	H_c [m ⁻²]	K_h	c [mm]	w [mm]
VAZBA 1	1800	1000	1800000	1,8	0,56	1
VAZBA 2	-	-	-	-	-	-
VAZBA 3	1700	900	1530000	1,89	0,59	1,11

Tab. 6: Parametry pletenin ve výrobku (vstřikovací tlak 4 MPa)

p = 4 MPa						
OZNAČENÍ	H_f [m ⁻¹]	H_s [m ⁻¹]	H_c [m ⁻²]	K_h	c [mm]	w [mm]
VAZBA 1	1800	1100	1980000	1,64	0,56	0,91
VAZBA 2	-	-	-	-	-	-
VAZBA 3	1700	900	1530000	1,89	0,59	1,11

Dále byl posuzován podíl plastu v % ve výrobku (viz tab.7). Důvodem bylo, zda se změní množství polymeru ve výrobku při změně vstřikovacího tlaku.

Tab. 7: Podíl polymeru v zastříknuté textili

OZNAČENÍ	PODÍL POLYMERU VE VÝROBKU					
	[%]					
VAZBA 1	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$
	82,3	86,7	89,6	82,2	86,6	89,6
VAZBA 2	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$
	84,4	88,3	90,8	84,1	88,2	90,8
VAZBA 3	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 1 \text{ MPa}$	$h_p = 2 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 3 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$	$h_p = 4 \text{ mm}$ $p = 4 \text{ MPa}$
	82,9	86,9	89,7	82,6	86,9	89,8

3.4 Měření mechanických vlastností vzorků zastříknutých polymerem

Zkoušky pevnosti a tažnosti byly provedeny jako nenormovaná měření na trhacím přístroji HOUNSFIELD H 10 KT, software QMAT (viz obr. 3.4.1).

3.4.1 Popis trhacího stroje HOUNSFIELD H 10 KT

NASTAVENÍ PARAMETRŮ TRHACÍHO STROJE HOUNSFIELD H 10 KT

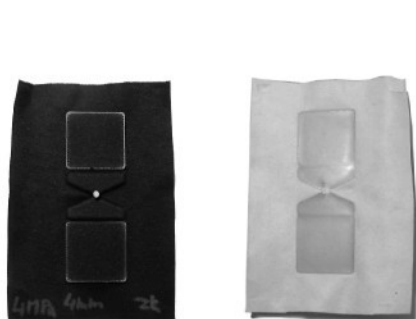
- Rozsah napětí: 500 MPa
- Rozsah zdvihu: 20 %
- Délka vzorku: 10 mm
- Rychlost: 50 mm/min
- Rychlost k výchozímu předpětí: 50 mm/min
- Předzatížení: 5 N



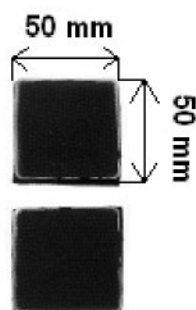
Obr. 3.4.1 Trhací stroj HOUNSFIELD H 10 KT [15]

3.4.2 Příprava vzorků před tahovou zkouškou

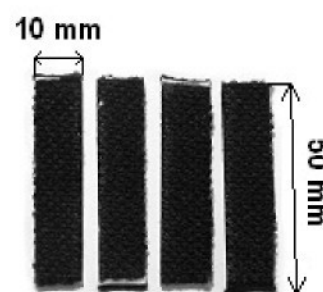
Textilie zastříknutá polypropylénem (viz obr. 3.4.2) se upravila tak, že jednotlivé destičky o rozměru 50 mm x 50 mm se vystříhly (viz obr. 3.4.3). Tyto čtverce se nařezaly na tyčinky o šířce 10 mm (viz obr. 3.4.4). K řezání byly použity nůžky na plech, které jsou součástí dílny katedry textilní technologie (viz obr.3.4.5).



Obr. 3.4.2 Textilie po zastříknutí PP – vlevo LS, vpravo RS



Obr. 3.4.3 Vystříhnuté destičky



Obr. 3.4.4 Tyčinky o šířce 1 cm



Obr. 3.4.5 Nůžky na plech – pohled z pravé a levé strany

Před vlastním měřením jsme na zkušebním tělese označili délku l_0 . Tloušťku d a šířku b zkušebních těles jsme měřili v rozmezí délky l_0 . Ze získaných hodnot se vypočetli aritmetické průměry. Na trhacím stroji jsme měřili maximální sílu a prodloužení při přetržení. Ze získaných hodnot se dále vypočetla mez pevnosti v tahu σ_2 podle vztahu (13) a průměrné prodloužení při přetržení ε_r podle vztahu (14).

$$\sigma_2 = \frac{F}{S} \text{ [MPa]} \quad (13)$$

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta l}{l_0} * 100[\%] \quad (14)$$

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách, které jsou uloženy v příloze D. Grafické zobrazení tahových křivek zastříknutých textilií polymerem jsou taktéž uloženy v příloze D. Naměřené hodnoty byly zpracovány běžnou statistickou metodou podle vztahu (10, 11, 12) a jsou uvedeny v příloze E, tab. E1 a tab. E2.

3.4.3 Vyhodnocení mechanických vlastností zastříkovaných textilií

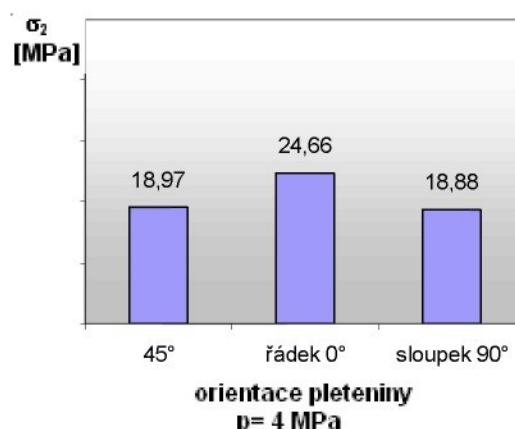
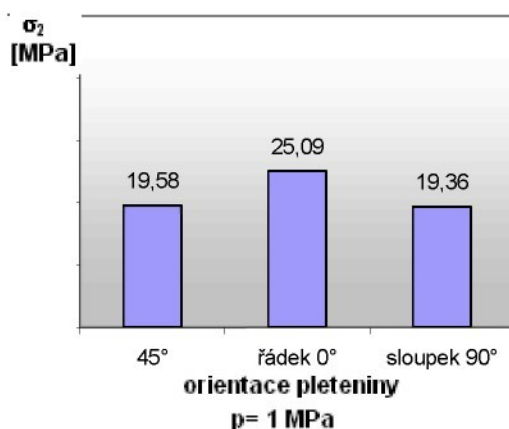
Naměřené mechanické veličiny (mez pevnosti) jsou znázorněny ve sloupcových grafech. Sloupcových grafů bylo použito k porovnání průměrných hodnot naměřených veličin pro různé technologické podmínky vstřikování. Grafy, i když jsou pro dané

měření v měřítku, slouží pouze pro lepší názornost. Zda daná veličina se změnou vstřikovacího tlaku a orientací pleteniny ve formě roste či klesá. Proto není y-ová osa blíže specifikována číselnými údaji a jednotkami.

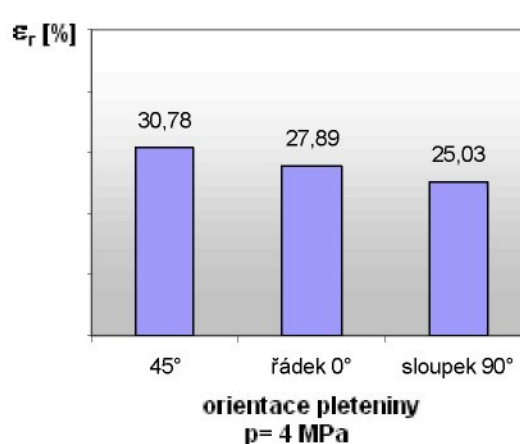
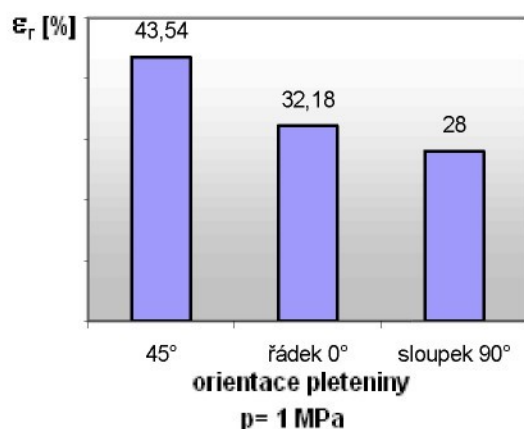
Sledujeme výsledky meze pevnosti v tahu σ_2 [MPa] a dále se zaměřujeme na výsledky poměrného prodloužení při přetržení ϵ_r [%].

Tab. 9: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 1** polypropylénem s tloušťkou formy **2 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ϵ_r [%]
45°	1	544,80 ± 12,73	4,35 ± 0,39	19,58 ± 0,62	43,54 ± 3,92
řádek 0°	1	709,33 ± 66,71	3,22 ± 0,89	25,09 ± 1,99	32,18 ± 8,92
sloupek 90°	1	550,80 ± 14,38	2,80 ± 0,26	19,36 ± 0,28	28,00 ± 2,59
45°	4	512,42 ± 15,72	3,08 ± 0,49	18,97 ± 0,47	30,78 ± 4,87
řádek 0°	4	672,00 ± 10,76	2,79 ± 0,49	24,66 ± 0,93	27,89 ± 4,86
sloupek 90°	4	511,38 ± 14,92	2,50 ± 0,24	18,88 ± 0,50	25,03 ± 2,39



Graf 5: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 1



Graf 6: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 1

PLletenina 1 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm. Z grafu 5 je vidět následující vzestupné uspořádání meze pevnosti v tahu: sloupků (90°), v úhlu (45°), řádků (0°), a to za tlaku 1 MPa a 4 MPa. Z tohoto uspořádání vyplývá, že u Pletenina 1 je největší mez pevnosti v příčném směru 0° při vstřikovacím tlaku 1 MPa. Meze pevnosti vzorků v orientaci sloupků (90°) a v úhlu 45° při tlacích 1 MPa a 4 MPa se navzájem skoro nelišily.

Při porovnání pevnosti mezi Pleteninou 1 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a porovnáním pevnosti se samotnou Pleteninou 1 (viz. graf 1) je vidět vzestupná změna pevnosti. U pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm je vzestupné uspořádání 90° , 45° , 0° při obou tlacích 1 MPa a 4 MPa, kdežto u samotné Pleteniny 1 to je 90° , 0° , 45° . Můžeme říci, že při integraci PP (za tlaku 1 MPa ; 4 MPa) a Pleteniny 1 došlo k změně pevnosti ve směru sloupků.

Poměrné prodloužení se změnou orientace pleteniny ve formě klesalo následovně: 45° , 0° , 90° , a to při obou tlacích. Při tlaku 1 MPa dosahovala hodnota u vzorku s orientací pleteniny 45° poměrně vysokého prodloužení až 44 % oproti tlaku 4 MPa, kdy tento vzorek dosáhl poměrného prodloužení 31 % (viz. graf 6).

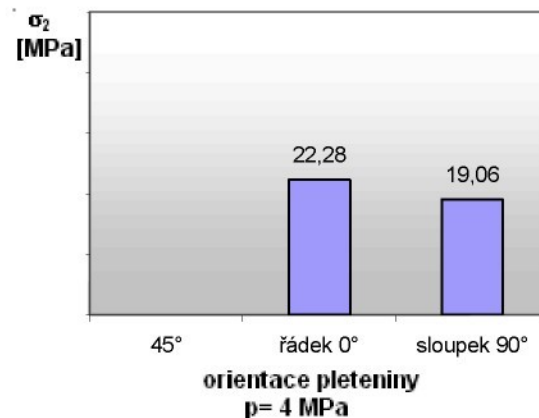
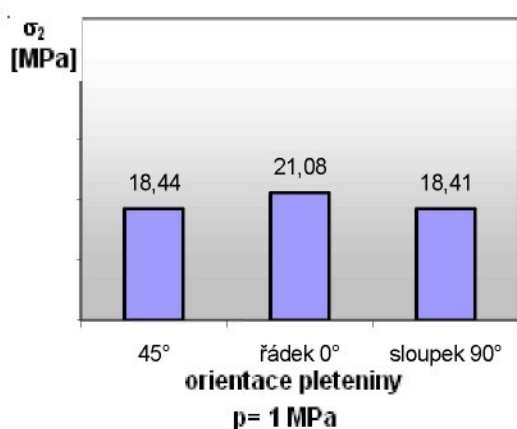
Při porovnání poměrného prodloužení mezi Pleteninou 1 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a tažností se samotnou Pleteninou 1 (viz. graf 1) je vidět vzestupná tendence prodloužení. U pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm je vzestupné uspořádání 90° , 0° , 45° při obou tlacích 1 MPa a 4 MPa, kdežto u samotné Pleteniny 1 to je 0° , 45° , 90° . Můžeme říci, že při integraci PP (za tlaku 1 MPa i 4 MPa) a Pleteniny 1 došlo k změně poměrného prodloužení ve směru 45° .

Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti (tažnost, pevnost) oproti Pletenině 1.

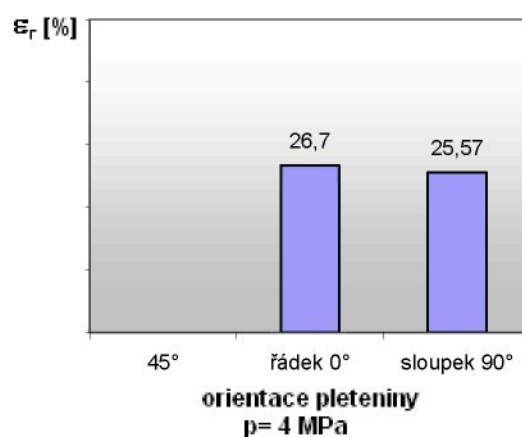
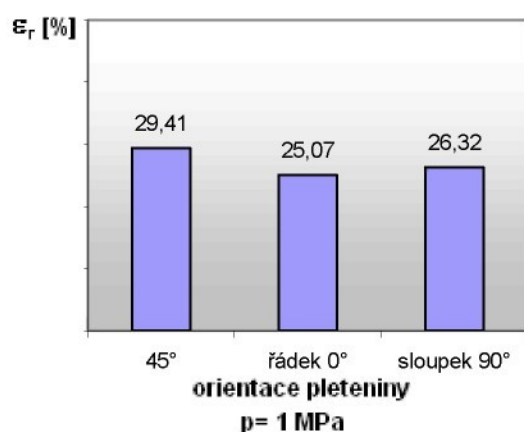
Změna tlaku u vyrobeného vzorku nemá vliv na mez pevnosti ani na poměrné prodloužení v jakémkoliv směru vkládané pleteniny.

Tab. 10: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 1** polypropylénem s tloušťkou formy **3 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ϵ_r [%]
45°	1	707,40 ± 10,92	2,94 ± 0,50	18,44 ± 0,17	29,41 ± 4,98
řádek 0°	1	784,82 ± 21,08	2,51 ± 0,48	21,08 ± 0,77	25,07 ± 4,78
sloupek 90°	1	695,10 ± 11,78	2,63 ± 0,51	18,41 ± 0,40	26,32 ± 5,05
45°	4	-	-	-	-
řádek 0°	4	861,17 ± 10,15	2,67 ± 0,24	22,28 ± 0,64	26,70 ± 2,40
sloupek 90°	4	736,33 ± 48,22	2,56 ± 0,26	19,06 ± 1,65	25,57 ± 2,64



Graf 7: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 1



Graf 8: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 1

Pletenina 1 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm. U výrobku s Pleteninou 1 a tloušťkou formy 3 mm mez pevnosti v tahu stoupala se zvýšením tlaku (viz. graf 7). Při tlaku 4 MPa hodnoty pevnosti byly nepatrně vyšší. Nejvyšší mez pevnosti byla při obou tlacích vždy ve směru řádku.

Porovnání pevnosti mezi Pleteninou 1 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm a pevnosti Pleteniny 1 (viz. graf 1) ukázalo, že mechanické vlastnosti jsou zcela změněny.

U tohoto měřeného vzorku je patrné, že zde došlo ke změnám poměrného prodloužení kvůli změně tlaku. Tažnost ve směru sloupku při tlaku 4 MPa je menší než ve směru řádku. Při tlaku 1 MPa je tomu naopak (viz. graf 8).

Porovnání poměrného prodloužení mezi Pleteninou 1 zastříknutou polypropylenem s tloušťkou formy 3 mm a tažnosti se samotnou Pleteninou 1 (viz. graf 1) také ukázalo, že mechanické vlastnosti jsou opět zcela změněny.

Z grafu 7 a grafu 8 je možno vidět, že při tlaku 4 MPa se hodnoty pevnosti a tažnosti nenaměřily. Důvodem pro to byl prokluz vzorků v čelistech trhacího stroje. Tyto hodnoty tedy nebylo možné použít a porovnat s hodnotami ostatními. Při tlaku 4 MPa jsou tedy hodnoceny vzorky ve směru podélném a ve směru příčném.

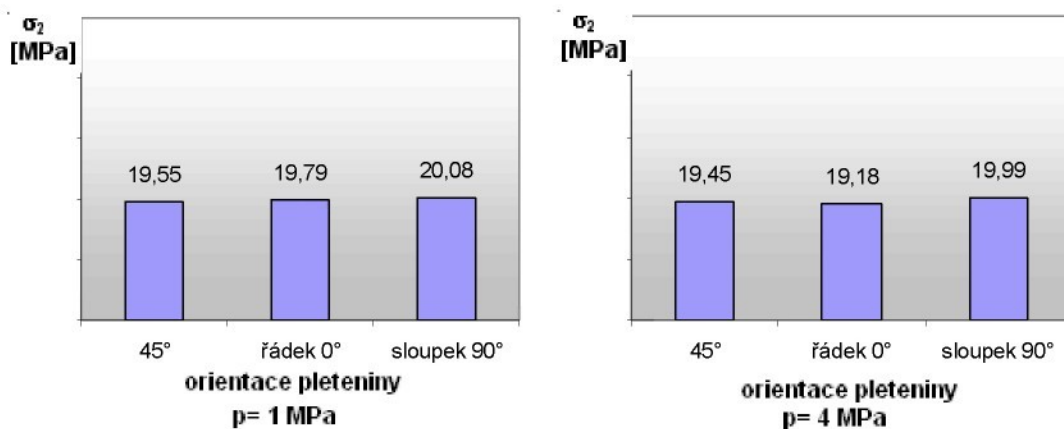
Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti (tažnost, pevnost) oproti Pletenině 1.

Při změně tlaku u tohoto vyrobeného vzorku došlo rovněž ke změně poměrného prodloužení ve směru mezi sloupkem a řádkem. Změny v pevnosti mezi sloupkem a řádkem zůstaly stejné.

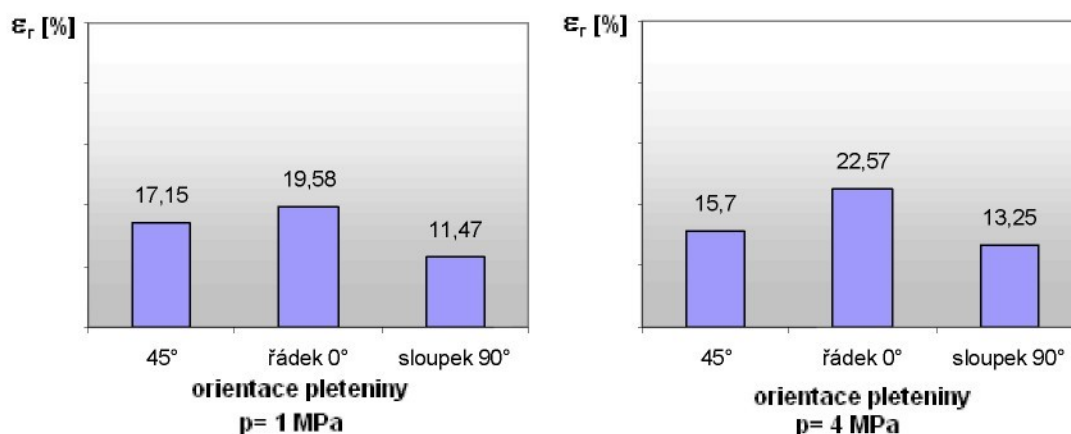
Při srovnání výrobků s Pleteninou 1 s tloušťkou formy 2 mm a s tloušťkou formy 3 mm se ukázalo, že nejvyšší pevnosti dosáhla Pletenina 1 s tloušťkou formy 2 mm a orientací ve směru řádků při napětí 25 MPa za tlaku 1 MPa. Naopak největší poměrné prodloužení bylo opět u Pletenina 1 s tloušťkou formy 2 mm a orientací 45° za tlaku 1 MPa. Hodnota poměrného prodloužení 44 %.

Tab. 11: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 2** polypropylénem s tloušťkou formy **2 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ϵ_r [%]
45°	1	538,13 ± 15,52	1,71 ± 0,14	19,55 ± 0,36	17,15 ± 1,36
řádek 0°	1	557,25 ± 19,79	1,96 ± 0,26	19,79 ± 0,34	19,58 ± 2,62
sloupek 90°	1	553,25 ± 11,34	1,15 ± 0,21	20,08 ± 0,32	11,47 ± 2,13
45°	4	531,88 ± 17,22	1,57 ± 0,26	19,45 ± 0,29	15,70 ± 2,64
řádek 0°	4	550,88 ± 9,29	2,26 ± 0,26	19,18 ± 0,55	22,57 ± 2,63
sloupek 90°	4	532,88 ± 12,73	1,32 ± 0,24	19,99 ± 0,38	13,25 ± 2,43



Graf 9: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 2



Graf 10: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 2

Pletenina 2 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm. U tohoto měřeného vzorku je patrné, že zde došlo ke změnám mezi pevností změnou tlaku. Hodnoty napětí se liší pouze o pár desetinných čísel ve všech směrech orientace pleteniny ve výrobku při tlaku 1 i 4 MPa (viz. graf 9). Nejpevnější je směr sloupků při obou tlacích.

Díky porovnání pevnosti mezi Pleteninou 2 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a se samotnou Pleteninou 2 (viz. graf 2) se dá říci, že mechanické vlastnosti změněny nebyly. Nejpevnějším směrem v obou případech je směr podélný.

Poměrné prodloužení při tlaku 1 MPa a 4 MPa stoupalo následovně: 90°, 45°, 0° (viz graf 10). Nepatrně vyšších hodnot bylo při tlaku 4 MPa.

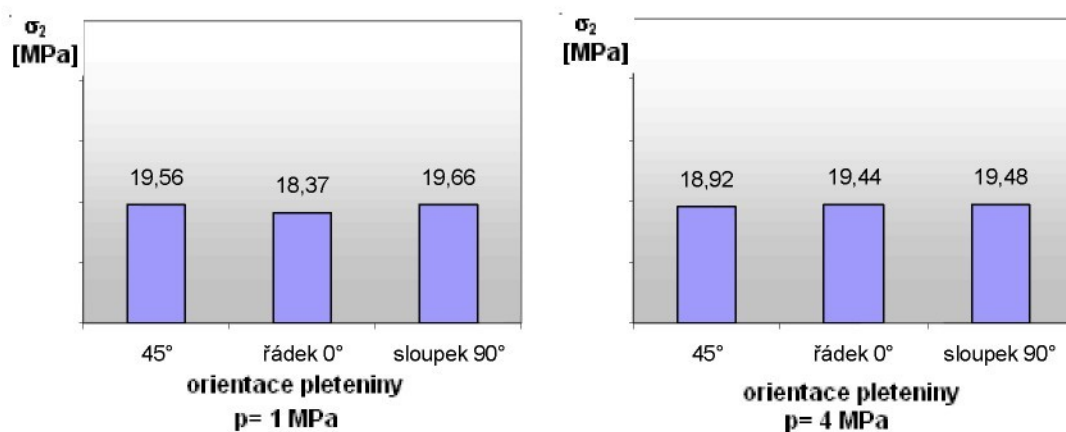
Porovnání poměrného prodloužení mezi pleteninou 2 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a porovnání tažnosti se samotnou Pleteninou 2 (viz. graf 2) opět ukázalo změnu mechanických vlastností. U Pleteniny 2 je největší tažnost ve směru sloupků, kdežto poměrné prodloužení Pleteniny 2 zastříknuté polypropylenem s tloušťkou formy 2 mm je největší poměrné prodloužení ve směru řádků.

Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti oproti vazbě Pleteniny 2.

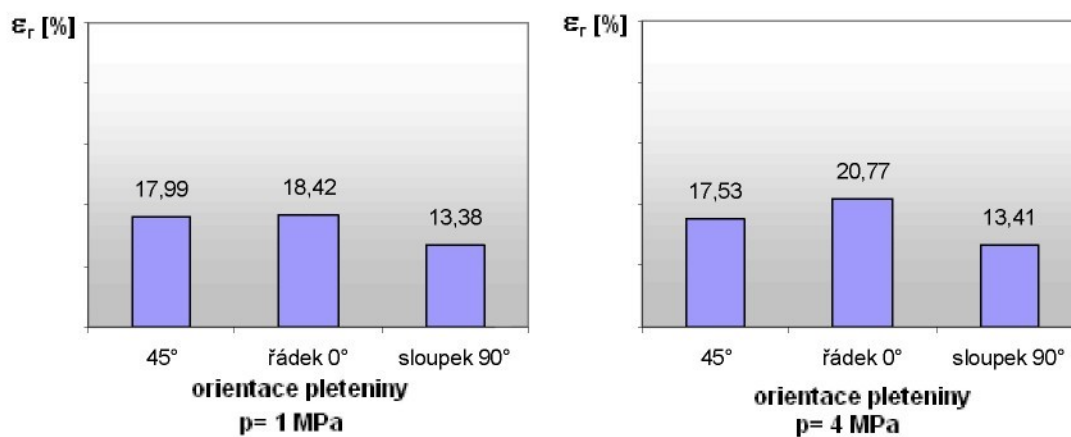
Změna tlaku u tohoto vyrobeného vzorku má vliv na mez pevnosti, kdy při tlaku 4 MPa se napětí ve směru 0° snížilo. Poměrné prodloužení při změně tlaku zůstalo nezměněno v jakémkoliv směru vkládané pleteniny.

Tab. 12: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 2** polypropylénem s tloušťkou formy **3 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ϵ_r [%]
45°	1	720,13 ± 13,85	1,80 ± 0,17	19,56 ± 0,27	17,99 ± 1,67
řádek 0°	1	677,50 ± 18,93	1,84 ± 0,34	18,37 ± 0,72	18,42 ± 3,40
sloupek 90°	1	727,38 ± 12,44	1,34 ± 0,14	19,66 ± 0,19	13,38 ± 1,40
45°	4	817,57 ± 21,62	1,75 ± 0,33	18,92 ± 0,19	17,53 ± 3,32
řádek 0°	4	826,42 ± 66,85	2,08 ± 0,32	19,44 ± 0,44	20,77 ± 3,21
sloupek 90°	4	719,00 ± 17,93	1,34 ± 0,27	19,48 ± 0,32	13,41 ± 2,66



Graf 11: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 2



Graf 12: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 2

Pletenina 2 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm. Stejně jako v předchozím případě došlo ke změně napětí při použití tlaku 1 MPa a 4 MPa. Při rozdílných tlacích mají vzorky velmi podobné hodnoty (viz graf 11) ve všech třech směrech. Pouze u vzorku při tlaku 1 MPa s orientací pleteniny v řádku (0°) se hodnota sníží.

Při porovnání pevnosti mezi Pleteninou 2 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm při tlaku 4 MPa a porovnání pevnosti se samotnou Pleteninou 2 (viz. graf 2) se ukázalo, že napětí stoupá stejně v pořadí 45° , 0° , 90° . Při tlaku 1 MPa dojde k nepatrné změně napětí ve směru řádků.

Poměrné prodloužení při tlaku 1 MPa a 4 MPa stoupá následovně: 90° , 45° , 0° (viz graf 12). Největší poměrné prodloužení je ve směru příčném při obou tlacích. Vyšší hodnoty bylo dosaženo při tlaku 4 MPa, a to 21 % poměrného prodloužení.

Stejně tak se liší i porovnání poměrného prodloužení mezi Pleteninou 2 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm a tažností se samotnou Pleteninou 2 (viz. graf 2). Mechanické vlastnosti jsou opět zcela změněny. U Pleteniny 2 je největší tažnost ve směru sloupků, kdežto poměrné prodloužení Pletenina 2 zastříknuté polypropylenem s tloušťkou formy 2 mm je největší ve směru řádků.

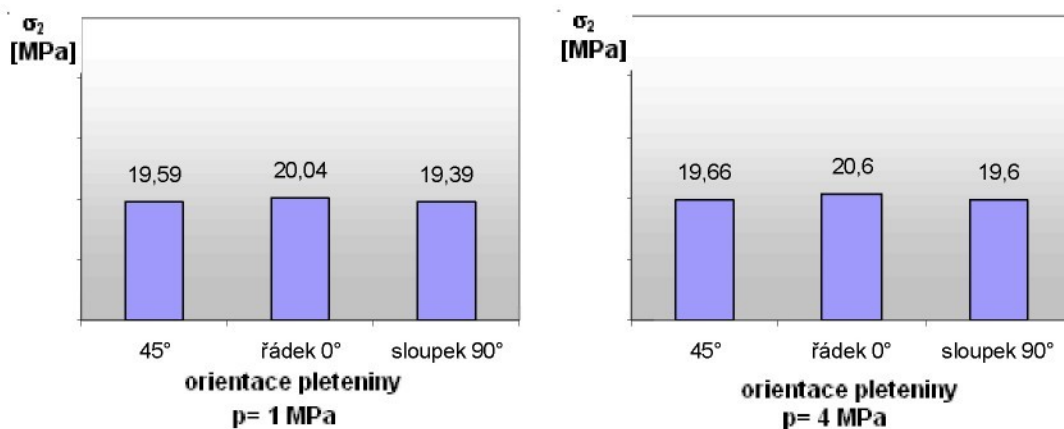
Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti (tažnost, pevnost) oproti Pletenině 2. Pouze při vstřikovacím tlaku 4 MPa roste napětí stejně jako u Pleteniny 2, a to v pořadí 45° , 0° , 90° .

Poměrné prodloužení při změně tlaku zůstalo nezměněno v jakémkoliv směru vkládané pleteniny.

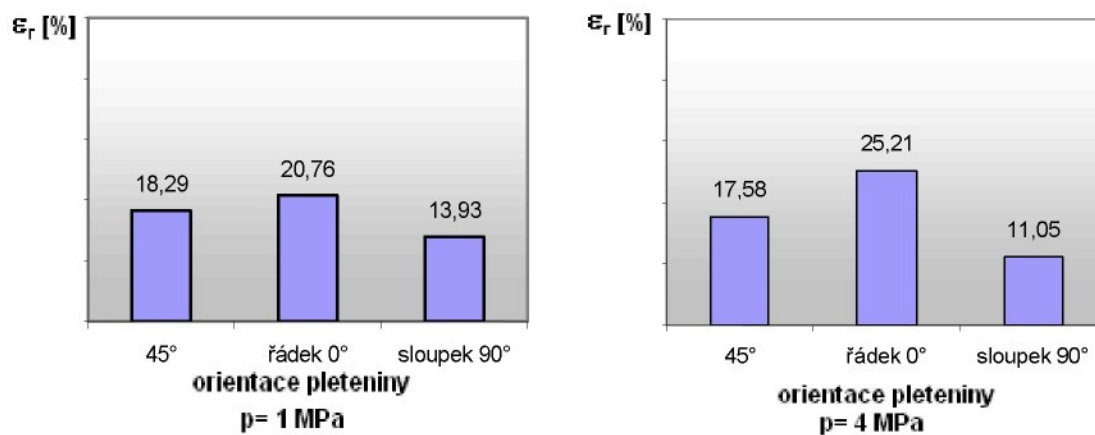
Při srovnání výrobku s Pleteninou 2, tloušťkou formy 2 mm a s tloušťkou formy 3 mm, nejvyšší mez pevnosti dosáhl vzorek s Pleteninou 2, tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru sloupků za tlaku 1 MPa. Největší poměrné prodloužení má vzorek s Pleteninou 2, tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru řádku při tlaku 4 MPa.

Tab. 13: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 3** polypropylénem s tloušťkou formy **2 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
45°	1	548,63 ± 3,45	1,83 ± 0,12	19,59 ± 0,43	18,29 ± 1,18
řádek 0°	1	566,50 ± 14,43	2,08 ± 0,29	20,04 ± 0,50	20,76 ± 2,88
sloupek 90°	1	542,38 ± 15,29	1,39 ± 0,19	19,39 ± 0,22	13,93 ± 1,86
45°	4	552,50 ± 12,75	1,76 ± 0,30	19,66 ± 0,47	17,58 ± 3,01
řádek 0°	4	600,00 ± 14,74	2,52 ± 0,18	20,60 ± 0,39	25,21 ± 1,81
sloupek 90°	4	543,04 ± 7,94	1,11 ± 0,19	19,60 ± 0,63	11,05 ± 1,91



Graf 13: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 3



Graf 14: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 3

Pletenina 3 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm. U výrobku s Pleteninou 3 a tloušťkou formy 2 mm se hodnoty meze pevnosti v tahu při vstřikovacím tlaku 1 MPa lišily pouze o pár desetinných míst. Stejně tomu bylo i při tlaku 4 MPa. Hodnoty pevnosti stoupaly následovně 90°, 45°, 0°, a to za tlaku 1 MPa a 4 MPa (viz graf 13). Nejvyšší pevnosti dosáhl vzorek s Pleteninou 3 a orientací ve směru 45° při vstřikovacím tlaku 4 MPa.

Porovnání meze pevnosti mezi Pleteninou 3 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a samotnou Pleteninou 3 (viz. graf 3) dále ukázalo, že mechanické vlastnosti změněny. U Pleteniny 3 je největší pevnost ve směru sloupků, kdežto mez pevnosti Pleteniny 3 zastříknuté polypropylenem s tloušťkou formy 2 mm je největší ve směru řádků.

Poměrné prodloužení při tlaku 1 MPa a 4 MPa stoupalo následovně: 90°, 45°, 0° (viz graf 14). Nejvyšší poměrné prodloužení je při tlaku 4MPa s orientací Pleteniny 3 ve směru řádků.

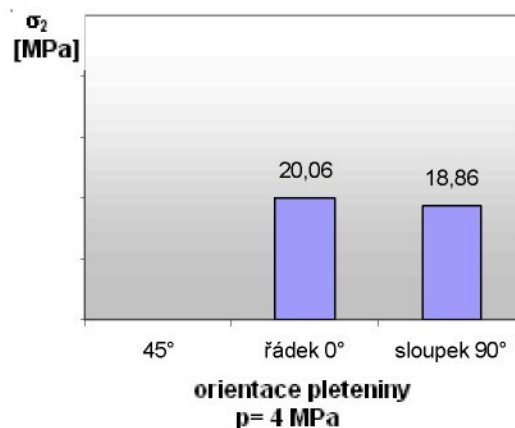
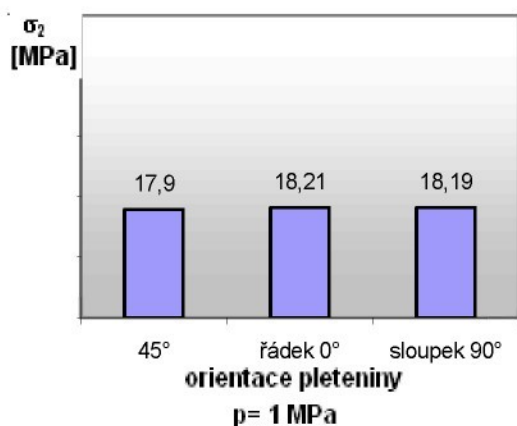
Porovnání poměrného prodloužení mezi Pleteninou 3 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a tažnosti se samotnou Pleteninou 3 (viz. graf 3) opět ukázalo změnu mechanických vlastností. U Pleteniny 3 je největší tažnost ve směru 45°, kdežto poměrné prodloužení Pleteniny 3 zastříknuté polypropylenem s tloušťkou formy 2mm je největší ve směru řádků.

Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti (tažnost, pevnost) oproti vazbě Pleteniny 3.

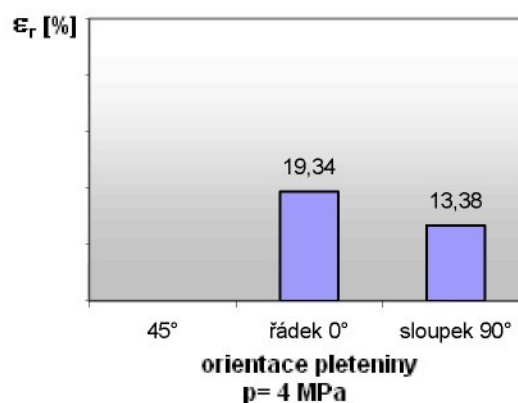
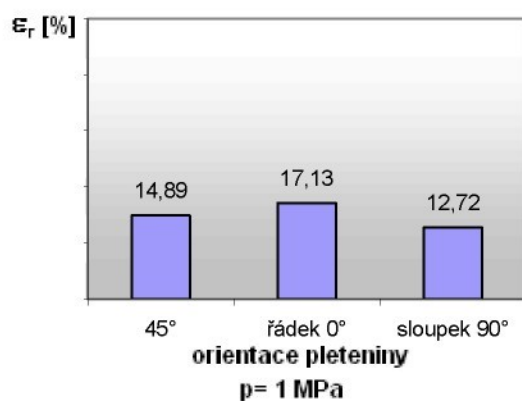
Změna tlaku u tohoto vyrobeného vzorku nemá vliv na mez pevnosti ani na poměrné prodloužení v jakémkoliv směru vkládané pleteniny.

Tab. 14: Výsledné hodnoty pro **zastříknutou Pleteninu 3** polypropylénem s tloušťkou formy **3 mm**

Orientace pleteniny	Tlak [MPa]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ϵ_r [%]
45°	1	705,00 ± 5,53	1,49 ± 0,40	17,90 ± 0,63	14,89 ± 4,00
řádek 0°	1	701,44 ± 12,66	1,71 ± 0,35	18,21 ± 0,18	17,13 ± 3,55
sloupek 90°	1	719,63 ± 24,89	1,27 ± 0,06	18,19 ± 0,32	12,72 ± 0,59
45°	4				
řádek 0°	4	840,50 ± 17,41	1,93 ± 0,20	20,06 ± 0,37	19,34 ± 2,01
sloupek 90°	4	715,25 ± 7,43	1,34 ± 0,12	18,86 ± 0,47	13,38 ± 1,21



Graf 15: Mez pevnosti v tahu zastříknuté Pleteniny 3



Graf 16: Poměrné prodloužení zastříknuté Pleteniny 3

Pletenina 3 - Vyhodnocení meze pevnosti a poměrného prodloužení osnovní pleteniny zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm. Z grafu 15 je vidět následující vzestupné uspořádání meze pevnosti v tahu: 90°, 0°, a to za tlaku 1 MPa a 4 MPa.

Porovnání meze pevnosti mezi Pleteninou 3 zastříknutou polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm a tažností se samotnou Pleteninou 3 (viz. graf 3) ukázalo změnu mechanických vlastností. U Pleteniny 3 pevnost stoupala v pořadí 0°, 45°, 90°. Největší pevnost byla ve směru sloupků, kdežto mez pevnosti Pleteniny 3 zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 3 mm je největší ve směru řádků.

Poměrné prodloužení při tlaku 1 MPa a 4 MPa stoupalo následovně: 90°, 0° (viz graf 16). Největší poměrné prodloužení je při orientaci pleteniny 0° za tlaku 4 MPa.

Porovnání poměrného prodloužení mezi Pleteninou 3 zastříknutou polypropylenem s tloušťkou formy 3 mm a tažností se samotnou Pleteninou 3 (viz. graf 3) opět ukázalo změnu mechanických vlastností.

Stejně jako z grafů 7 a 8, tak i z grafů 15 a 16 je možno vidět, že při tlaku 4 MPa se hodnoty pevnosti a tažnosti nenaměřily. Důvodem byl opět prokluz vzorků v čelistech trhacího stroje. Tyto hodnoty nebylo možné použít a porovnat s hodnotami ostatními. Při tlaku 4 MPa jsou tedy hodnoceny vzorky pouze ve směru podélném a příčném.

Zastříknutá textilie PP má změněné mechanické vlastnosti (tažnost, pevnost) oproti Pletenině 3.

Při změně tlaku u tohoto vyrobeného vzorku nedošlo ke změně v mezích pevnosti, ale objevily s změny v poměrném prodloužení

Při srovnání výrobku s Pleteninou 3 s tloušťkami formy 2 mm a 3 mm nejvyšší mez pevnosti dosáhl vzorek s Pleteninou 3, tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru řádků, a to za tlaku 4 MPa. Největší poměrné prodloužení bylo naměřeno při tlaku 4 MPa u vzorku s Pleteninou 3, tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru řádků.

3.5 Shrnutí naměřených výsledků a poznatků z výroby zastříkovaných textilií

3.5.1 Poznátky z výroby technologií In Mould Decoration

Pro účel vyhodnocení zastříkovaných textilií byly zaslány čtyři druhy pletených textilií z nichž byly nakonec vybrány tři pro odzkoušení vlastností surového úpletu a vyrobené zastříknuté textilie. Důvodem pro to je, že zhotovený výrobek by se měl skládat z těchto vrstev:

- vrchní materiál;
- mezivrstva;
- spodní materiál;
- nosný materiál.

Pletenina číslo 4 byla ve vazbě jednoočkového struku a neobsahovala spodní materiál ani mezivrstvu. Při zkoušce zastříknutí polymerem se celá zdeformovala, čímž docházelo k proniknutí polymeru mezi stěnami oček a mezi platinovými obloučky. V některých místech došlo i k protržení úpletu polymerem.

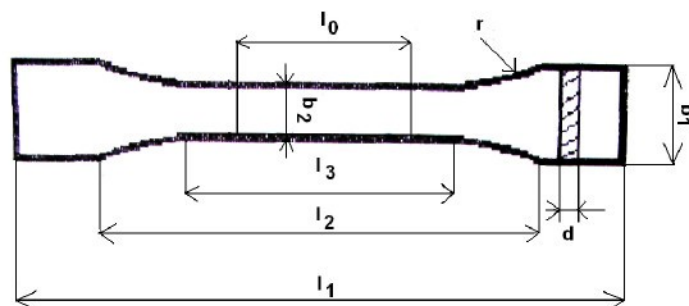
Pro zhotovení zastříkovaných textilií byly tedy použity tři druhy vzorků pletenin, jejichž podrobný popis byl v kap. 3.2.1:

- Pletenina 1 – pletenina osnovní + spodní materiál
- Pletenina 2 – pletenina osnovní + spodní materiál
- Pletenina 3 – pletenina zátažná + spodní materiál

Tyto pleteniny byly nastříhány a vkládány do formy (tzv. „destičky“ o rozměrech 50 mm x 50 mm) stroje ve směru sloupku (90°), řádku (0°) a ve směru 45°.

Forma „destičky“ se hlavně využívá pro hodnocení smrštění polymeru a v našem případě také hodnocení kvality povrchu textilie, která byla zastříknuta polymerem. Vyhodnocení deformace struktury pletenin zastříknutých polymerem bude probrán v následující kapitole 3.5.2.

Pro otestování mechanických vlastností v tahu polymerů se obvykle používá forma tyčinky, jejíž nákres je na obrázku 3.5.1.



Obr. 3.5.1 Náskres výlisku z formy pro tahovou zkoušku polymerů

Takový tvar formy se bohužel nedal použít z toho důvodu, že docházelo ke znehodnocení vrchní textilie. U všech pletenin, jež byly určeny pro zkoušku tahem, došlo k protržení vrchní vrstvy polypropylenem, který nezůstal na rubní straně pletenin, ale dostal se až na lícni stranu výrobku, čímž by znehodnotil celou zkoušku tahem.

Pro zhotovení zastříknuté pleteniny na základě doporučení doc. Dr. Ing. Petra Lenfelda použit polymer PPcompound 7990 Provisional od firmy SABIC Central Europe.

K zastříkování textilií polymerem, byl použit vstřikovací lis ENGEL ES 25/50, který je umístěn v dílnách Oddělení tváření kovů a plastů Katedry strojírenské technologie.

Jednotlivé textilie byly vkládány do vstřikovací formy tak, aby se polypropylén nastříkl vždy na rubní stranu textilie; vždy na zpevňující ZOL vazbu. V průběhu výroby vzorků na vstřikovacím stroji se měnila orientace textilie ve formě (45° , sloupek 90° , řádek 0°), dále pak tloušťka formy a následně i vstřikovací tlak. Textilie se ve formě přichytí pomocí samolepicí pásky, přičemž byl brán ohled na vysoké nároky na přesnost a také na nutnost zajistit pevné spojení, aby textilie nepovolila a nezměnila polohu. Poté byly zhotoveny vzorky s využitím konstantní teploty 190°C , vstřikovacích tlaků 1 a 4 MPa a forem o tloušťkách 2, 3 a 4 mm. Na těchto vzorcích byla následně hodnocena deformace struktury a mechanické vlastnosti zastříkovaných textilií.

Na závěr této kapitoly lze říci, že při zastříkování pletených textilií musí textilie obsahovat spodní vrstvu, jinak dojde k porušení vrchní vrstvy polymerem, který se dostane na dekorovaný povrch materiálu.

3.5.2 Vyhodnocení deformace struktury zastříkovaných textilií

Jestliže se vyhodnocuje deformace struktury při zastříkování textilií, jedná se spíše o vyhodnocení vzhledových vlastností výsledného produktu.

Jednou ze zásadních podmínek je přilnutí polymeru k pletenině. Ve všech případech vytváření vzorků zastříkáváním plastu na pleteniny 1, 2, a 3 polypropylen skvěle přilnul k textilii. Strukturu pleteniny nijak neporušil. Na pleteninách nedochází k žádné tvorbě záhybů a ani nedošlo k protržení textilií při použité změně tlaku 1 MPa a 4 MPa. Polymer zůstává na RS pleteniny a neprotýká na dekorovaný povrch.

V případě zastříkované Pleteniny 3 (zátažná obouliční vazba) se objevila nevýhoda dané pleteniny. Jak je vidět ze snímků uložených v příloze C19 – C27 při tlaku 1 MPa a z obrázků C46 – 54 při tlaku 4 MPa, na lící stranu prosvítá spodní bílý vyztužující materiál. Snímky byly pořízeny pomocí obrazové analýzy Lucia.

Tento problém se dá jednoduše ovlivnit použitím stejné barvy spodního materiálu jako u materiálu vrchního. Jiným způsobem je vložení dalších přídavných nití, které vazbu více zpevní. Tento způsob by měl za následek změnu mechanicko-fyzikálních vlastností. Z tohoto vyhodnocení se jeví jako nejvhodnější pleteniny osnovní, Pletenina 1 a Pletenina 2.

Změna geometrických vlastností se projevila pouze u Pleteniny 3. Při použitém tlaku 1 MPa a 4 MPa se H_S snížila z 1800 [m^{-1}] na hodnotu $H_S = 1700$ [m^{-1}]. H_T se také snížila z 1000 [m^{-1}] na hodnotu $H_T = 900$ [m^{-1}] viz tab. 5 a tab. 6.

Změna geometrických vlastností u Pleteniny 2 nebyla možná změřit, protože PP byl nastříknut na RS pleteniny, kde byla očka pleteniny zřetelnější, a tedy by mohlo dojít k tomu, že by H_S a H_T neodpovídala skutečnosti.

Další způsob vyhodnocení struktury zastříkovaných textilií vychází ze subjektivního dojmu při omaku textilie a její měkkosti. Subjektivní omak textilie je pocit, který je vyvolán při kontaktu textilie s pokožkou. Záleží na momentální psychické kondici, okolních podmínkách a zda se jedná o hodnotitele odborníka, či laika. Provádí se dotekem ruky na povrch textilie a zjišťují se tak rozdílné vlastnosti, jmenovitě tuhost, měkkost, ostrost, splývavost a struktura povrchu, což vše působí na hmatový smysl. Z hlediska textilie je pocit při doteku závislý na surovinách, vazbě, hustotě, přízi, úpravě a celkové konstrukci textilie [28].

V této diplomové práci omak nebyl hodnocen z důvodu blížícího se termínu odevzdání práce a s tím spojené přípravy vzorků ke subjektivnímu zhodnocení.

Zkušební vzorky vyrobené zastříknutím PP se skládají pouze ze tří vrstev, a to vrchního materiálu, spodního materiálu a materiálu nosného. Mezivrstva, která by měla být z PUR pěny nebo PVC pěny, zde není obsažena. Tato vrstva zajišťuje vysokou měkkost při dotyku pokožky s textilií. Je tedy zřejmé, že vzorky nemají takovou měkkost, jaké by dosáhly s mezivrstvou.

Nejdůležitějším faktorem pro spotřebitele je vzhled, čistota vzoru a náročnost na údržbu. Omak a vzhled jsou jedny z prvních vlastností textilií, se kterými se spotřebitel setkává.

Pozn.: Samozřejmě každý spotřebitel má jiné nároky na konečný vzhled tohoto výrobku.

Při výrobě zastříkovaných textilií bylo docíleno požadovaného vzhledu povrchu výrobku.

3.5.3 Poznatky z měření mechanických vlastností zastříkovaných textilií

Před vlastním měřením zkoušky pevnosti v tahu musely být vzorky upraveny tak, že jednotlivé destičky o rozměru 50 x 50 mm se vystřihly a čtverce se dále nastříhaly pomocí nůžek na plech na tyčinky o šířce 10 mm. Tento postup již byl ukázán na obrázcích 3.4.2 až 3.4.4.

Nevýhoda použití nůžek na plech, které sloužily k nastříhání tyčinek o šířce 10 mm, byla ta, že nastříhaná tyčinka neměla přesnou šířku 10 mm po celé její délce. Velmi často se stalo, že tyčinka v horním kraji měla šířku větší než v kraji spodním a naopak. Tato nevýhoda velmi ovlivňuje výsledky tahových zkoušek zastříkovaných textilií. Lepších výsledků by se mohlo docílit řezáním. Záleží však na tom, zda by řezací stroj nepoškodil zastříkovanou textilii.

Další nevýhodou u takto krátkých tyčinek (50 mm) bylo to, že upínací délka zkoušeného vzorku mohla být pouze 10 mm. Vzorky s větší tloušťkou dělaly nepolechu při trhání v čelistech stroje. U některých vzorků s tloušťkou formy 3 mm docházelo k opětovnému prokluzu v čelistech (viz přílohy tab. D10, tab. D34). Tyto hodny se v měření ponechaly, ale nemůžeme na ně brát ohled.

Vzorky se zastříknutou Pleteninou 1, 2 a 3 s tloušťkou formy 4 mm nebylo možné podrobit této zkoušce, protože všechny tyto vzorky v čelistech prokluzovaly a k požadovanému přetrhu u žádného vzorku nedošlo. V místě uchycení vzorku do čelistí trhacího stroje došlo ke zdeformování měřeného vzorku a tento vzorek mezi

čelistmi proklouzl. U textilií zastříkovaných PP s tloušťkou formy 4 mm tedy nebyla možnost vyhodnocení mechanických vlastností zastříkovaných textilií.

4 Závěr

Uvedená diplomová práce byla řešena na téma Zhodnocení možnosti použití pletenin pro technologii "In Mould Decoration".

Cílem zadané diplomové práce bylo:

- Rozbor vhodnosti použití textilií pro technologii In Mould Decoration.
- Výroba metodou zastříkávání vzorky za různých technologických podmínek (např. tlak, teplota).
- Vyhodnocení vzhledu textilií a případné deformace struktury pleteniny za různých tlakových podmínek.
- Vyhodnocení získaných výsledků z hlediska mechanických vlastností zastříknutých textilií.

Práce má dvě hlavní části, a to rešeršní a experimentální. Úvod je věnován historii technologie In Mould Decoration. V rešeršní části je stručně popsán postup při vstřikování polymerů, který se využívá u technologie In Mould Decoration. Tato technologie je také popsána včetně požadavků na výrobky, jež jsou jejím použitím zhotovené. Dále jsou zde uvedeny vybrané mechanické vlastnosti pletenin hodnocených v experimentální části. Experimentální část obsahuje popis výroby jednotlivých zkušebních vzorků, parametry vzorků, postupy testování, naměřená data a jejich vyhodnocení.

Pro výrobu zastříkovaných textilií byly použity vzorky zaslané firmou Cadence Innovation. Jako textilie byly použity vzorky pletenin jak zátažných, tak i osnovních pletenin ze 100% PL. Tyto pleteniny jsou vyztuženy zátažnou oboulící hladkou vazbou, která je rovněž ze 100% PL. K realizaci samotného experimentu byly k dispozici čtyři vzorky pletenin, z nichž byly vybrány tři vzorky pro odzkoušení vlastností surového úpletu a textilie zastříknuté polymerem. Vzorek pleteniny s číslem 4, kterým byl jednoočkový struk, byl zamítnut, protože nesplňoval požadavky pro zastříkované textilie.

Pleteniny použité pro experiment se skládají ze dvou osnovních vazeb a jedné zátažné vazby. *Pletenina 1* (pletenina osnovní, vazba třípřístrojová s kombinovaným protisměrným kladením). *Pletenina 2* (pletenina osnovní, filetový vzor z atlasového kladení, kde se použilo vzorového navlečení kladečích přístrojů). Vazba je zpevněna otevřeným řetízem, který má plný návlek KP. *Pletenina 3* (pletenina zátažná,

obouliční dutá vazba spojená chytovými kličkami). Do některých řádků je vložena přídatná nit – krycí nit v poměru 1:3.

Z průměrných hodnot zkoušky tahem lze vyčíst, že Pletenina 1 má nejvyšší hodnoty pevnosti ve všech sledovaných směrech (0°, 45° a 90°). Z toho můžeme předpokládat, že může mít větší pevnost i po zastříknutí polypropylenem. Naopak nejvyšší hodnota tažnosti byla naměřena u Pleteniny 3, a to ve směru 45° a 90°. Ve směru sloupku je hodnota tažnosti až cca 87 %. Pleteniny 1, 2, 3, které byly podrobeny tahové zkoušce, jsou z velké míry ovlivněny také vlastnostmi obouliční zátažné pleteniny (vyztužujícího materiálu), jež je s nimi spojena. Tento spodní materiál z velké míry ovlivňuje tažnost a pevnost zkoušených vzorků.

Dalším krokem bylo zhotovení zastříkovaných textilií. Na vstřikovacím stroji ENGEL ES 25/50 byly za konstantní teploty, při dvou tlacích a v různých tloušťkách zhotoveny vzorky. Jednotlivé textilie byly vkládány do vstřikovací formy tak, že polypropylén se nastříkl vždy na rubní stranu textilie (vždy na zpevňující ZOL vazbu). Při experimentálním měření na vstřikovacím stroji se měnila orientace textilie ve formě, dále pak tloušťka destičky a následně vstřikovací tlak. Forma, které se říká tzv. motýlek nebo destičky, byla vybrána hned ze tří důvodů. Prvním z nich je, že následnou úpravou můžeme tento výlisek použít pro tahovou zkoušku. Druhým důvodem byla snadná možnost výměny formy s rozdílnou tloušťkou tvarové dutiny a třetím důvodem bylo velmi snadné zakládání zvolených materiálů. Pro zastříkávání zvolených vzorků byl použit materiál PPcompound 7990 Provisional od firmy SABIC Central Europe, který se používá pro zastříkávání textilií používaných v automobilovém průmyslu.

K vyhodnocení vzhledu textilií a případné deformace struktury pleteniny bylo také využito obrazové analýzy Lucia.

Jedním ze zásadních aspektů hodnocení zastříknuté textilie je přilnutí polymeru k pletenině. Ve všech případech vytváření vzorků zastříkáváním plastu na pleteniny 1, 2, a 3 polypropylen skvěle přilnul k textilii a strukturu pleteniny nijak neporušil. Na pleteninách nedochází k žádné tvorbě záhybů a ani nedošlo k protržení textilií při použité změně tlaku 1 MPa na 4 MPa. Polymer zůstává na RS pleteniny a neprotéká na dekorovaný povrch. V případě zastříkované Pleteniny 3 na lící stranu prosvítá spodní bílý vyztužující materiál, jak je vidět ze snímků uložených v příloze C19 – C27 při tlaku 1 MPa a z obrázků C46 – 54 při tlaku 4 MPa. Tento problém by se dal jednoduše ovlivnit použitím stejné barvy spodního materiálu jako u materiálu vrchního. Jiným způsobem je vložení dalších přídatných nití, které vazbu více zpevní. Tento způsob by měl za následek změnu mechanicko-fyzikálních vlastností. Z tohoto

vyhodnocení se jeví jako nejvhodnější použití pleteniny osnovní, Pleteninu 1 a Pleteninu 2.

Změna geometrických vlastností se projevila pouze u Pleteniny 3. Při použitých tlacích 1 MPa a 4 MPa se H_s snížila z 1800 [m⁻¹] na hodnotu $H_s = 1700$ [m⁻¹]. H_f se také snížila z 1000 [m⁻¹] na hodnotu $H_f = 900$ [m⁻¹] viz tab. 5 a tab. 6.

Změnu geometrických vlastností u Pleteniny 2 nebylo možné změřit, protože PP byl nastříknut na RS pleteniny, kde byla očka pleteniny zřetelnější, a mohlo by dojít k tomu, že by H_s a H_f neodpovídala skutečnosti.

Množství polymeru ve výrobku (%) při změně vstřikovacího tlaku se téměř nelišil. U některého případu pouze o několik málo desetinných čísel.

Posledním uvedeným cílem bylo vyhodnocení získaných výsledků z hlediska mechanických vlastností zastříknutých textilií.

Před vlastním měřením zkoušky pevnosti v tahu byly vzorky upraveny tak, že se nastříhaly pomocí nůžek na plech na tyčinky o šířce 10 mm.

Nevýhoda použití nůžek na plech byla ta, že nastříhaná tyčinka neměla přesnou šířku 10 mm po celé její délce. Tyčinka měla v horním kraji šířku větší než v kraji spodním a naopak. Tím byly ovlivněny výsledky tahových zkoušek zastříkovaných textilií a lepších výsledků by se mohlo docílit řezáním. Záleží však na tom, zda by řezací stroj nepoškodil zastříkovanou textilii.

Další nevýhodou u takto krátkých tyčinek (50 mm) bylo to, že upínací délka zkoušeného vzorku mohla být pouze 10 mm. Vzorky s větší tloušťkou měly problémy s trháním v čelistech stroje. U některých vzorků s tloušťkou formy 3 mm totiž docházelo k opětovnému prokluzu v čelistech (viz přílohy tab. D10, tab. D34). Tyto hodnoty se z měření vyřadily a hodnotilo se bez nich.

Vzorky se zastříknutou Pleteninou 1, 2 a 3 s tloušťkou formy 4 mm nebylo možné podrobit této zkoušce, protože všechny tyto vzorky v čelistech prokluzovaly a k požadovanému přetrhu u žádného z nich nedošlo. V místě uchycení vzorku do čelistí trhacího stroje došlo ke zdeformování měřeného vzorku, a ten tak mezi čelistmi proklouzl. U textilií zastříkovaných PP s tloušťkou formy 4 mm tedy nebyla možnost vyhodnocení mechanických vlastností zastříkovaných textilií.

Experimentálními tahovými zkouškami bylo zjištěno, že různá orientace pletenin (ve směrech 0°, 45° a 90°) má vliv na pevnost vytvořených zastříkovaných vzorků. Největší pevnost v tahu byla naměřena u vyrobeného vzorku Pleteniny 1 zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru řádku s hodnotou pevnosti 25,09 MPa (viz graf 5). S rostoucí tloušťkou vzorků téměř ve všech směrech (0°, 45° a 90°) se snižuje pevnost v tahu nebo je prakticky na stejné hodnotě.

Dále bylo zjištěno, že změna vstřikovacího tlaku nemá vliv na tažnost. Největší hodnota tažnosti byla naměřena opět u vzorku s Pleteninou 1 zastříknuté polypropylénem s tloušťkou formy 2 mm a orientací pleteniny ve směru 45° (viz graf 6). Tažnost je také závislá na orientaci zastříknuté pleteniny v čelistech stroje.

Závěrem lze říci, že textilie, tedy v tomto případě pleteniny, musí obsahovat spodní materiál. Ten chrání před protečením polymeru na povrch dekorované textilie, funguje tepelná izolace vůči tavenině, zajišťuje stabilitu horního materiálu proti posunutí a zvyšuje odolnost proti trhání. Pokud je hodnocen vzhled zastříkovaných textilií, pak z těch, které byly podrobeny experimentu, je vhodnější použít pleteniny osnovní, tedy Pleteninu 1 a Pleteninu 2.

Z hlediska mechanických vlastností (pevnost, tažnost) se opět jeví jako nejvhodnější pletenina osnovní a to, Pletenina 1.

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] LENFELD, P.: Technologie II. Internetová podpora výuky. http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
- [2] JIRÁSEK, P.: Vliv vkládaného materiálu na tekutost u IN-MOULD technologie, diplomová práce, 2007.
- [3] KOČÍ, V.: Vazby pletenin, vydavatelství Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury 1986.
- [4] KOVÁŘ, R.: Struktura a vlastnosti textilií 2, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 1998.
- [5] KOVÁŘÍKOVÁ, M.: Vazby a rozbory pletenin, 1. vydání SNTL, Praha, 1987.
- [6] DOSTÁLOVÁ, M.; KŘIVÁNKOVÁ, M.: Základy textilní o oděvní výroby, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 2001.
- [7] KOVÁŘ, R.: Pletení, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 2001.
- [8] KOVÁŘ, R.: Teorie pletení, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, (2006–07).
- [9] KOVAČIČ, V.: Textilní zkušebnictví 2, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [10] KREBS, J.: Teorie zpracování nekovových materiálů, část 1, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 1994
- [11] MILITKÝ, M.: Textilní vlákna, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 1995.
- [12] STANĚK, J.: Nauka o textilních materiálech, 1. díl, 4. část, vydavatel Vysoká škola textilní a strojní v Liberci, 1988.
- [13] <https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2007-09-10/12-41-34.pdf>
- [14] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/default.htm>
- [15] <http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/lisovna/lisovna.htm>
- [16] <http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/plasty/plasty.htm>
- [17] http://www.geoplastics.com/gep/Plastics/en/ProductsAndServices/IMDHome/in_mold_decoration.html
- [18] http://www.faurecia.com/pages/about_faurecia/home.asp
- [19] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/default.htm>
- [20] <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/vyuka/skripta/spv/spv07.pdf>
- [21] MICHÁLKOVÁ, J.: Textilní kompozity na bázi osnovních pletenin, diplomová práce, 1994
- [22] www.bayer.com
- [23] http://www.dpg.com/files.php?dl_mg_id=113&file=dl_mg_1101475464.pdf

[24] PAŘILOVÁ, H.: Textilní zbožíznalství, vydavatelství Technická univerzita v Liberci, 2000.

[25] <http://www.ciperka.cz/polarfleece.php>

[26] KRPCOVÁ, O.: Anizotropie deformace zátažných pletenin, diplomová práce, 2000

[27] MAJER, V. , VOTÁNEK, V.: Vazby osnovních pletenin, vydavatelství Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury 1966.

[28] <http://cz.texsite.info/Omak>

[29]

https://www.stag.utb.cz/apps/stag/dipfile/index.php?download_this_unauthorized=2921

[30] KOLOUCH, J.: Strojní součásti z plastů, vydavatelství Praha SNTL, 1981. ISBN : 04-234-81.258 s.

[31] SCHATZ, M. , VONDRÁČEK, P.: Zkoušení polymerů, 2. vyd. Praha, VŠCHT, 1988, 276 s.

ČSN 80 0810	Zjišťování tržné síly a tažnosti pletenin
ČSN ISO 5084	Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků
ČSN EN ISO 527	Zkušební podmínky pro tvářené plasty
ČSN EN ISO 14970	Zjišťování délky oka a délkové hmotnosti nitě
ČSN EN 14704 – 1	Zjišťování pružnosti plošných textilií
ČSN EN ISO 9237	Zjišťování prodyšnosti plošných textilií

Příloha A

Statistické zpracování naměřených hodnot

Tab. A1: Naměřené statistické hodnoty při jednoosém namáhání

VAZBA 1			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0°	Průměr	1168,00	41,32
	Směrodatná odchylka	52,79	1,91
	Variační koeficient	4,52	4,61
	Spodní mez	1084,00	38,29
	Horní mez	1252,00	44,36
Směr 45°	Průměr	1213,60	79,47
	Směrodatná odchylka	50,15	3,43
	Variační koeficient	4,13	4,32
	Spodní mez	1151,33	75,20
	Horní mez	1275,87	83,73
Podélný směr 90°	Průměr	886,88	80,07
	Směrodatná odchylka	38,22	2,16
	Variační koeficient	4,30	2,70
	Spodní mez	839,42	77,38
	Horní mez	934,34	82,75
VAZBA 2			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0°	Průměr	790,78	67,60
	Směrodatná odchylka	31,97	4,90
	Variační koeficient	4,04	7,25
	Spodní mez	757,24	62,46
	Horní mez	824,33	72,74
Směr 45°	Průměr	799,05	71,45
	Směrodatná odchylka	47,26	5,68
	Variační koeficient	5,91	7,95
	Spodní mez	749,45	65,49
	Horní mez	848,65	77,42
Podélný směr 90°	Průměr	827,00	70,97
	Směrodatná odchylka	15,88	2,76
	Variační koeficient	1,92	3,80
	Spodní mez	810,34	68,07
	Horní mez	843,66	73,87
VAZBA 3			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0°	Průměr	942,50	63,79
	Směrodatná odchylka	39,18	2,71
	Variační koeficient	4,16	4,24
	Spodní mez	901,39	60,95
	Horní mez	983,61	66,63
Směr 45°	Průměr	1140,00	85,86
	Směrodatná odchylka	42,35	3,07
	Variační koeficient	3,71	3,58
	Spodní mez	1095,56	82,64
	Horní mez	1184,44	89,08
Podélný směr 90°	Průměr	730,78	86,94
	Směrodatná odchylka	25,92	3,58
	Variační koeficient	3,55	4,11
	Spodní mez	703,58	83,18
	Horní mez	757,98	90,69

Příloha B

Materiálový list PPcompound 7990

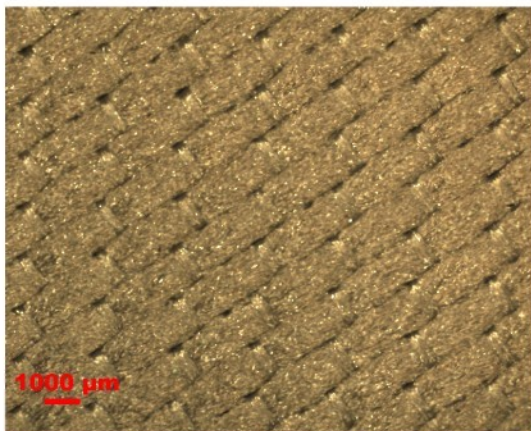
Tab. B 1: Materiálový list Ppcompound 7990 Provisional

Vlastnosti	Jednotky (SI)	Hodnota	Zkouška
Fyzikální vlastnosti			
Index toku taveniny (ITT)			ISO 1133
při 230 °C a 2,16 kg	g/10 min	30	
hustota	kg/m ³	1040	ISO 1183
koeficient lineární teplotní roztažnosti			ASTM D 696
23 °C do 80 °C	E-6/K	90	
-30 °C do 30 °C	E-6/K	60	
smršťení 1)			SABIC metod
24 hodin po vstřikování	%	1.0	
Mechanické vlastnosti 1)			
tahová zkouška 2)			ISO 527
mez kluzu v tahu	MPa	26	
mez pevnosti v tahu	MPa	21	
prodloužení	%	50	
ohybová zkouška 3)			ASTM D 790
ohybový modul	MPa	2300	
vrubová zkouška dle Izoda 4)			ISO 180/4A
při 23 °C	KJ/m ²	4	
při 0 °C	KJ/m ²	3	
při -20 °C	KJ/m ²	2	
vrubová zkouška dle Charpy 5)			ISO 179/1eA
při 23 °C	KJ/m ²	6	
rázová zkouška dle Charpy			ISO 179/1eU
při -40 °C	kJ/m ²	15	
tvrdost podle Shore D	-	67	ISO 868
Teplotní vlastnosti 1)			
teplota v ohybu			ISO 75/B
při 0,45 Mpa (HDT/B)	°C	130	
teplotní odolnost podle Vicata			ISO 306/A
při 10 N (VST/A)	°C	150	

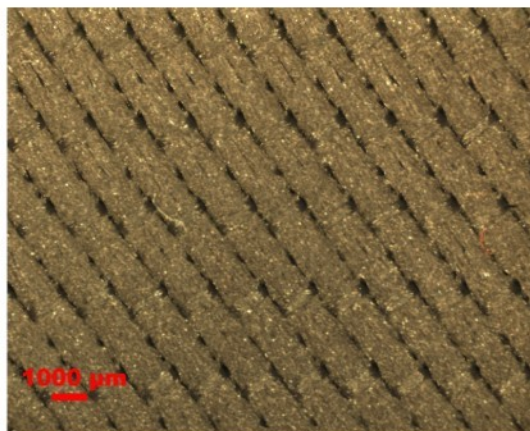
1) všechna měření na vstřikovaných vzorcích, 2) rychlost testování: 50mm/min, vzorek ISO 527-5, 3.2mm, 3) 3-bodové zatížení, 4) bez zlomu, 5) u vrbu bez zlomu

Příloha C

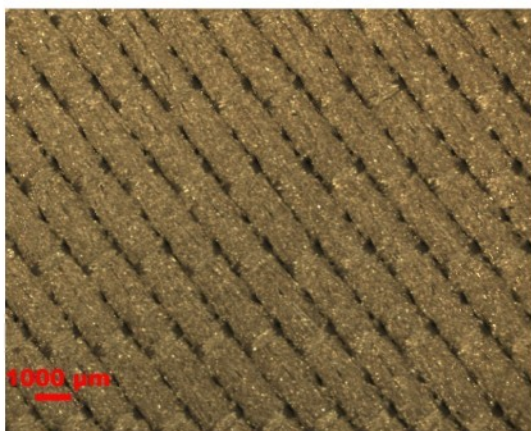
Zhotovené vzorky na vstřikovacím stroji



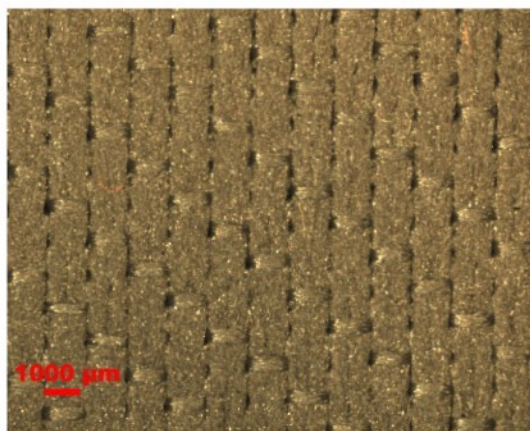
Obr. C1 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



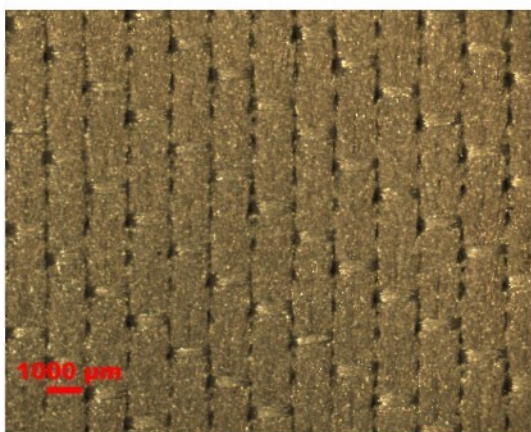
Obr. C2 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



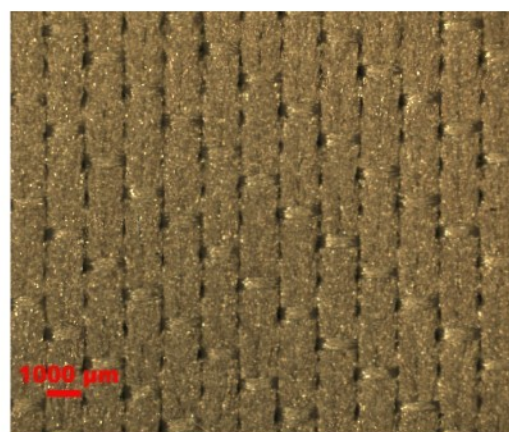
Obr. C3 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



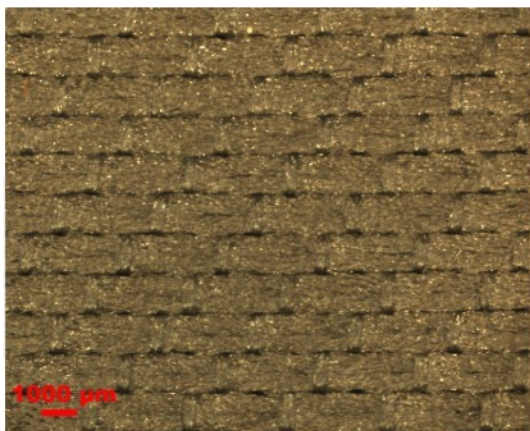
Obr. C4 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



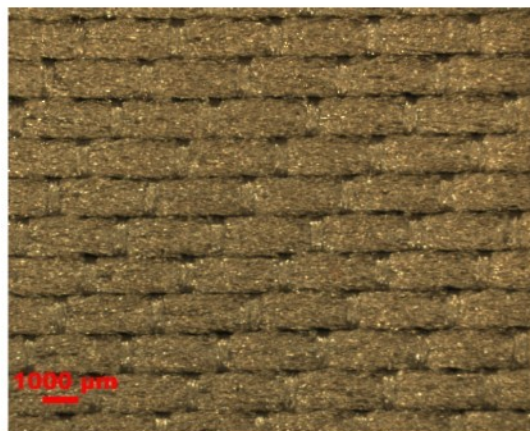
Obr. C5 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



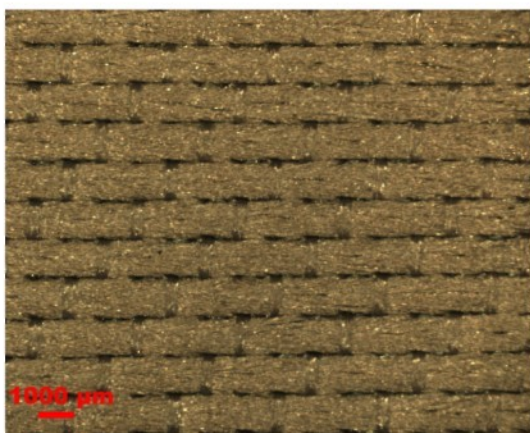
Obr. C6 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



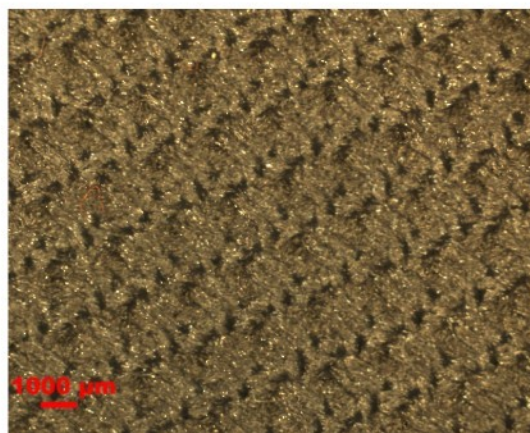
Obr. C7 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



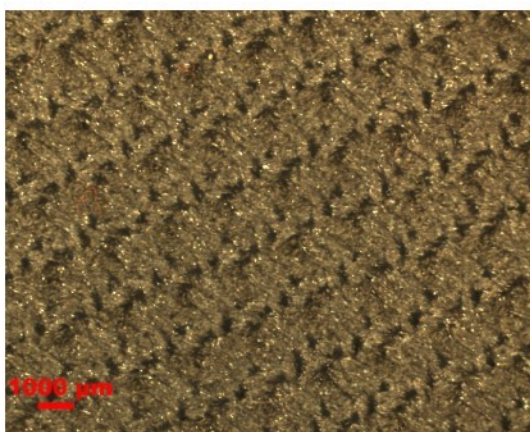
Obr. C8 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



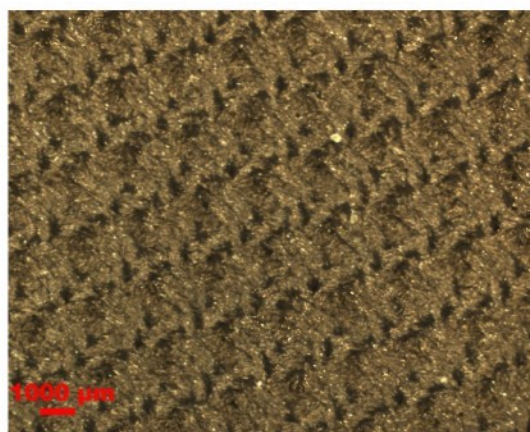
Obr. C9 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



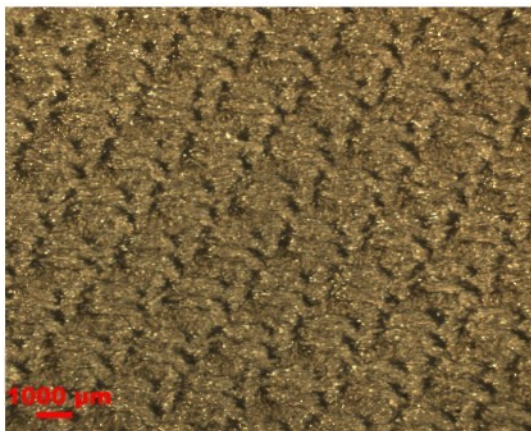
Obr. C10 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



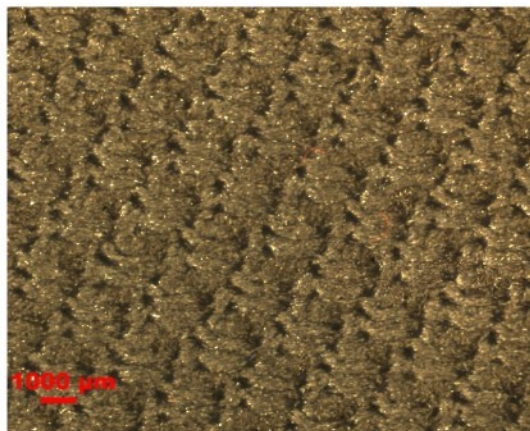
Obr. C11 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



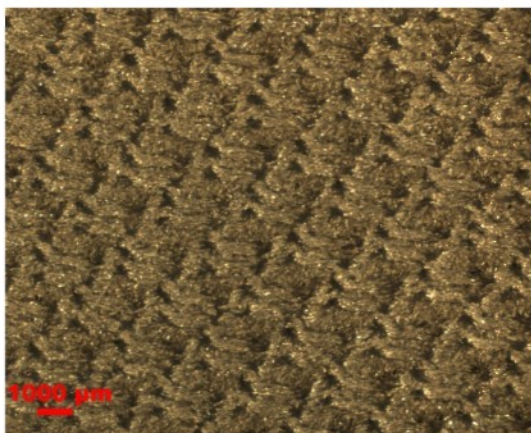
Obr. C12 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



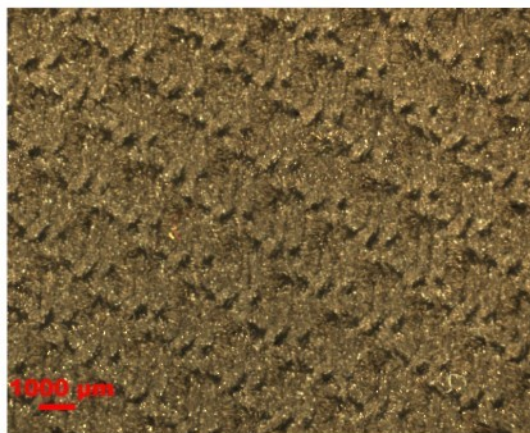
Obr. C13 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



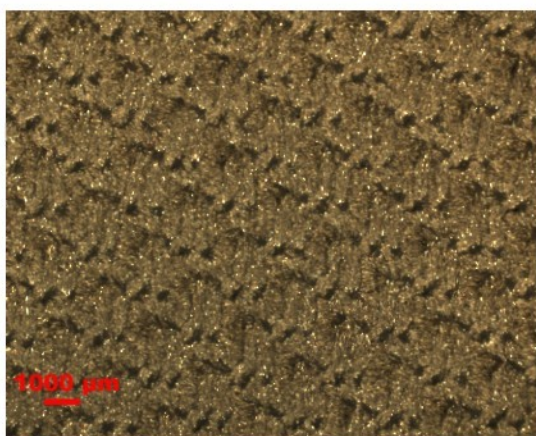
Obr. C14 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



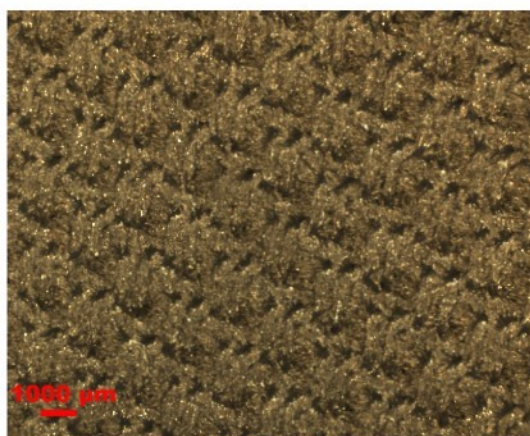
Obr. C15 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



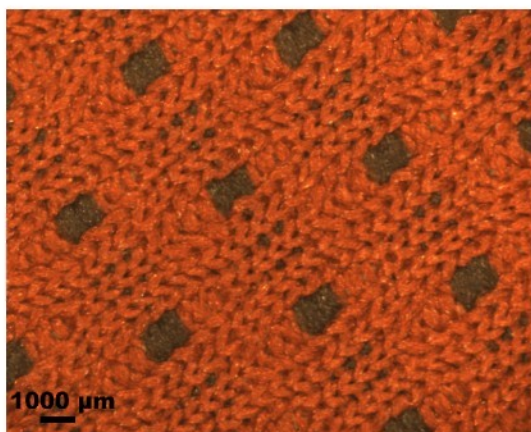
Obr. C16 Pletenina 2, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



Obr. C17 Pletenina 2, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C18 Pletenina 2, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



Obr. C19 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



Obr. C20 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C21 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



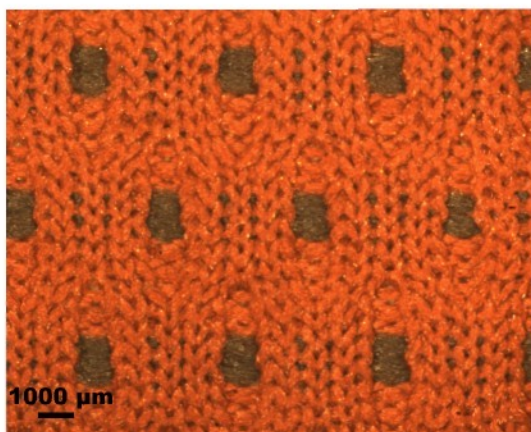
Obr. C22 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



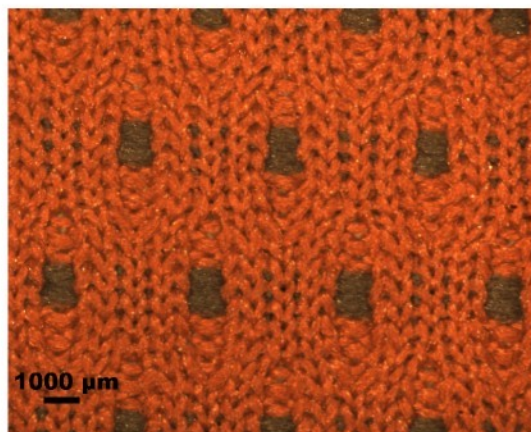
Obr. C23 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C24 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



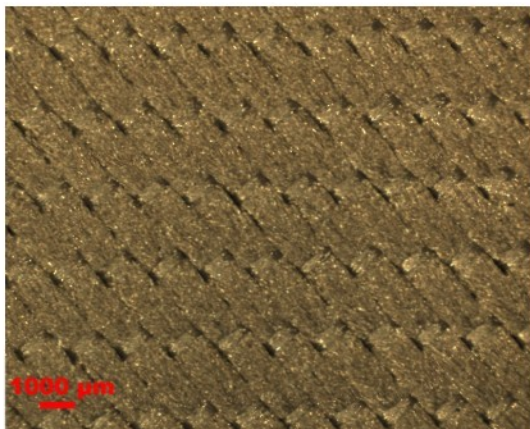
Obr. C25 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 2mm



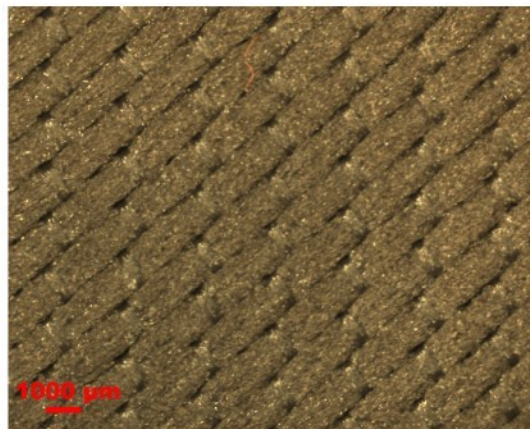
Obr. C26 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 3mm



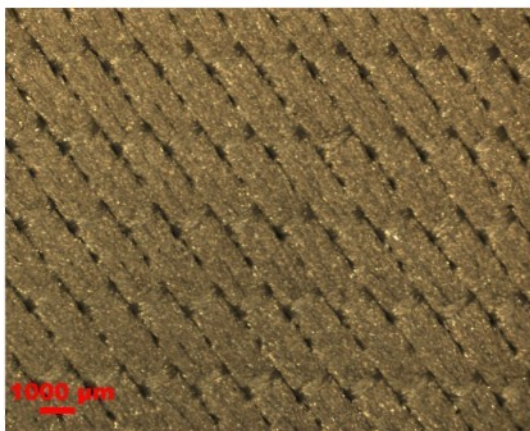
Obr. C27 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 1 MPa, tloušťka 4mm



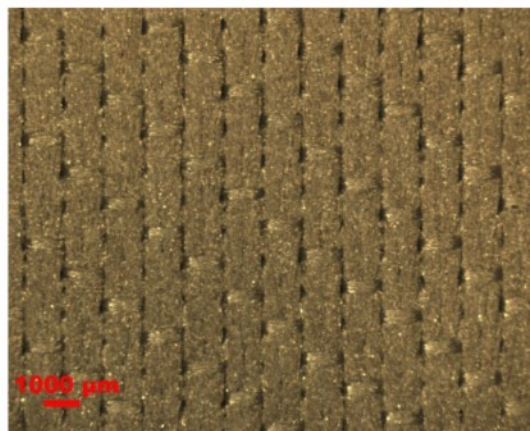
Obr. C28 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



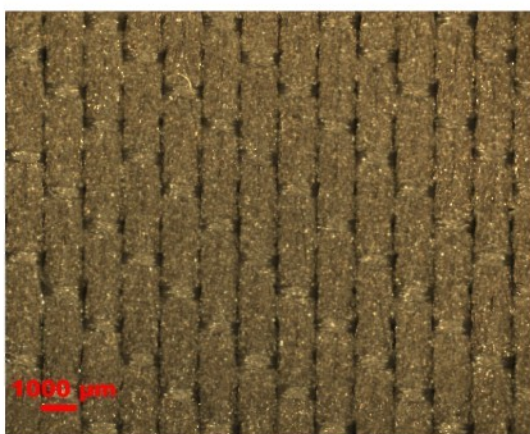
Obr. C29 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



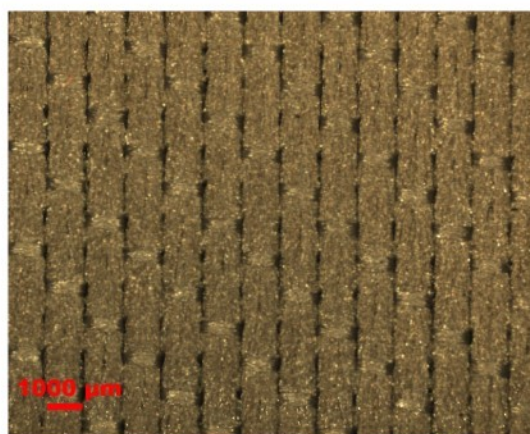
Obr. C30 Pletenina 1, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



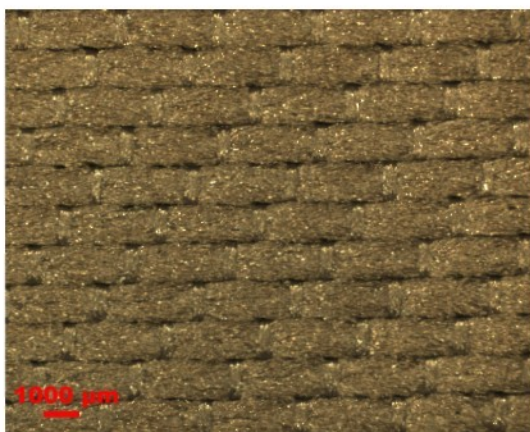
Obr. C31 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



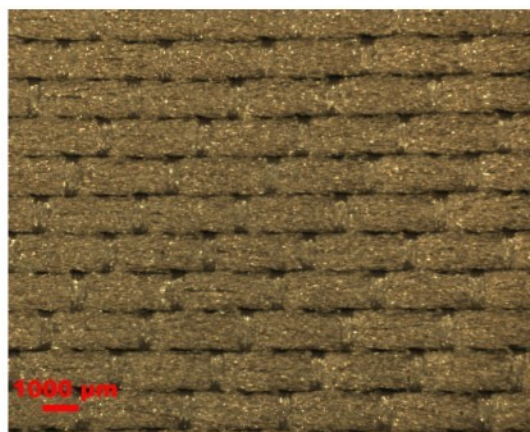
Obr. C32 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



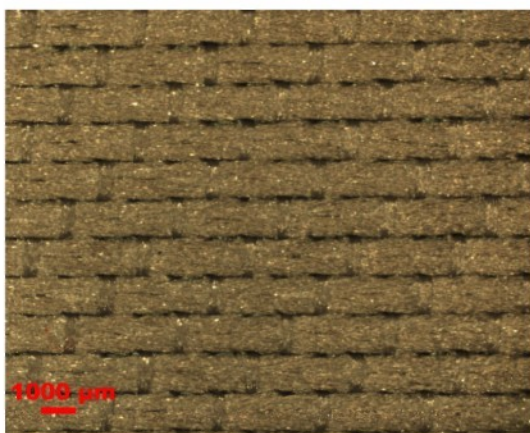
Obr. C33 Pletenina 1, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



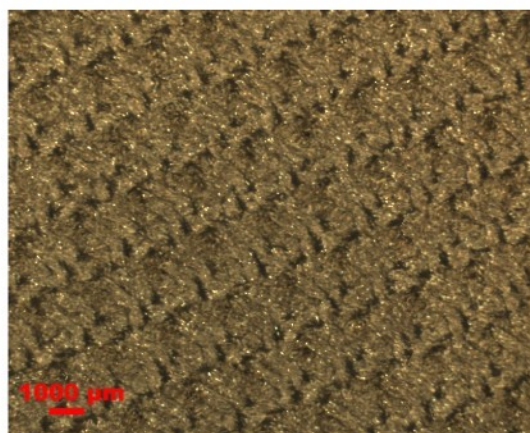
Obr. C34 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



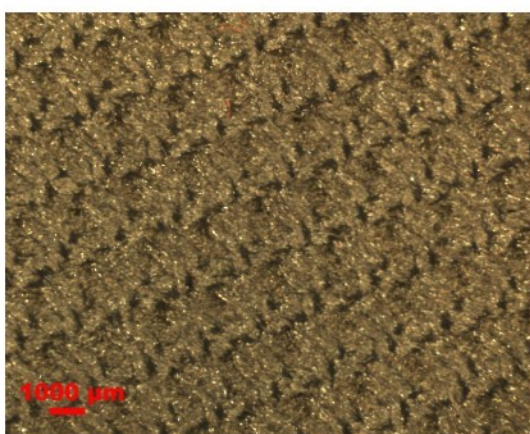
Obr. C35 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



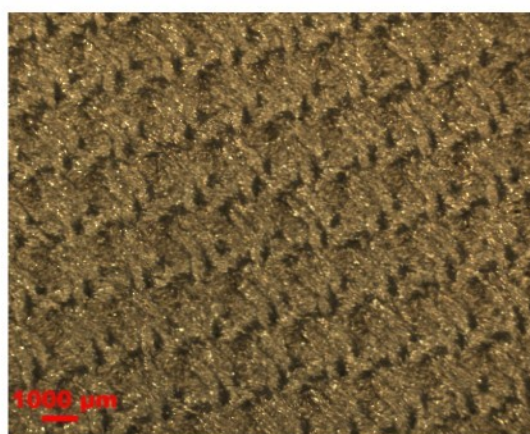
Obr. C36 Pletenina 1, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



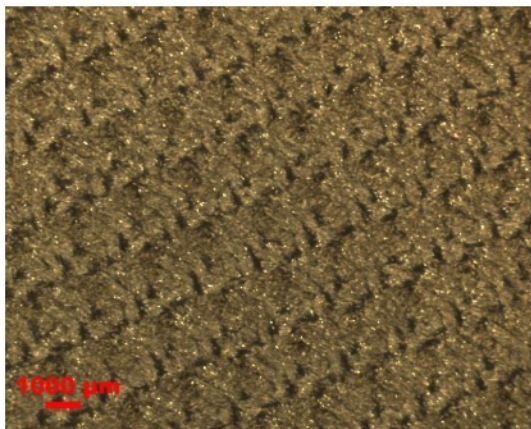
Obr. C37 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



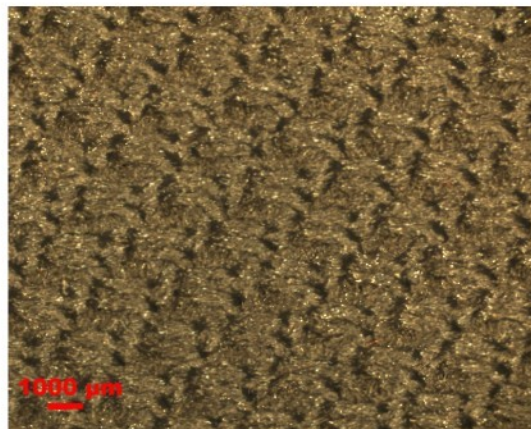
Obr. C38 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



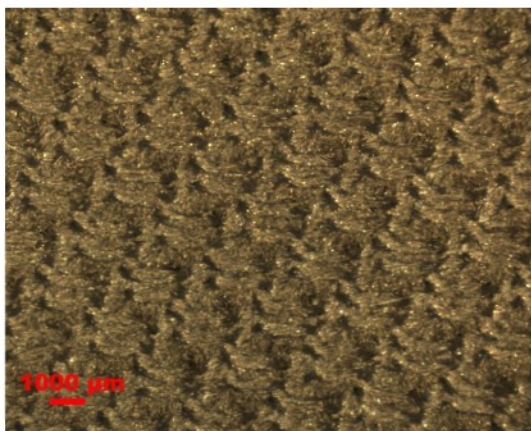
Obr. C39 Pletenina 2, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



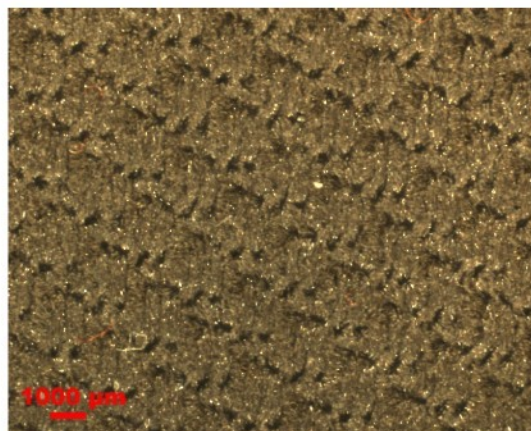
Obr. C40 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



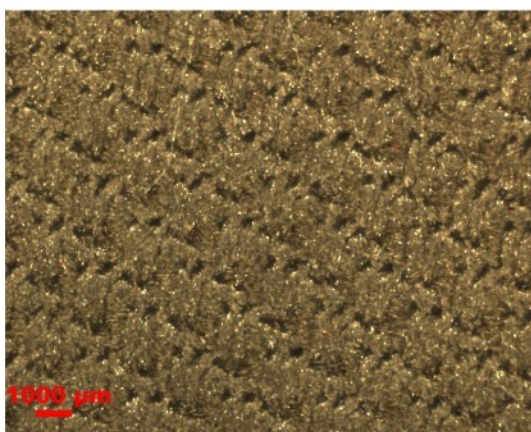
Obr. C41 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C42 Pletenina 2, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



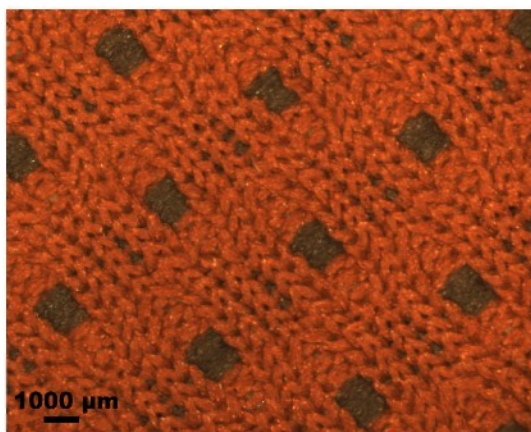
Obr. C43 Pletenina 2, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



Obr. C17 Pletenina 44, orientace (sl)
90°, tlak 4MPa, tloušťka 3mm



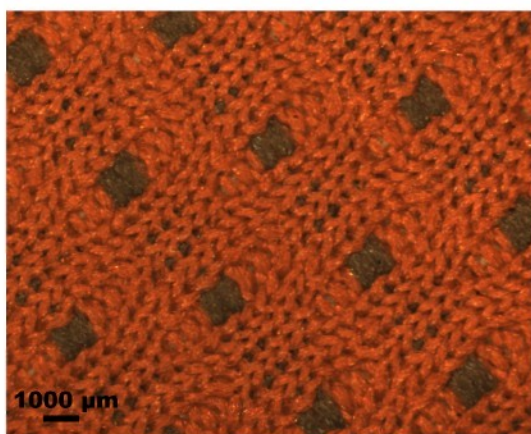
Obr. C45 Pletenina 2, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



Obr. C46 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



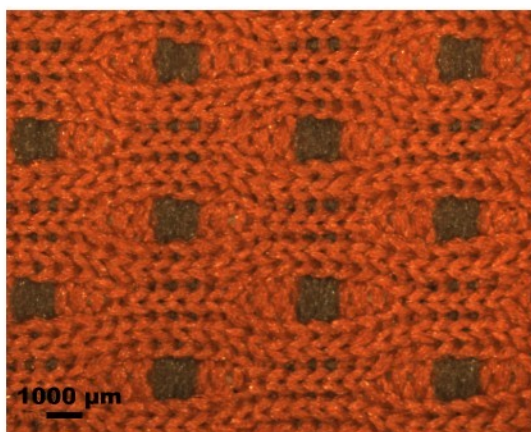
Obr. C47 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C48 Pletenina 3, orientace 45°,
tlak 4MPa, tloušťka 4mm



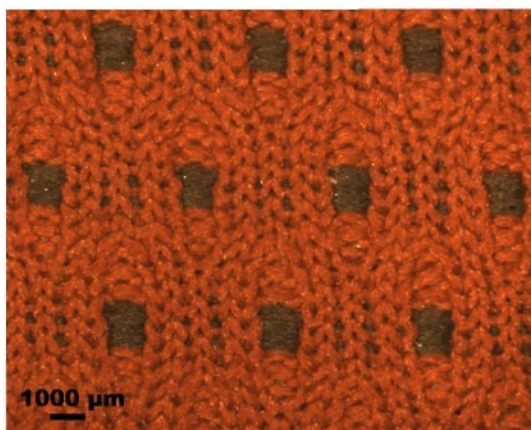
Obr. C49 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 4MPa, tloušťka 2mm



Obr. C50 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



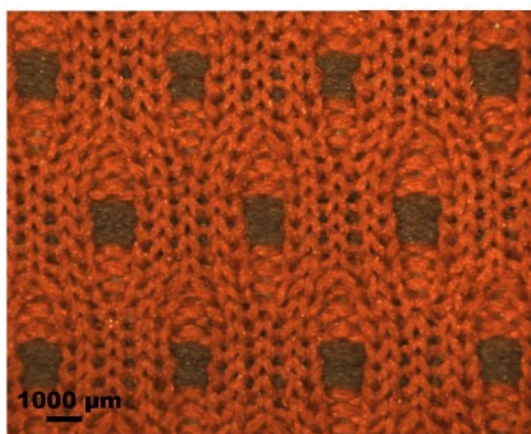
Obr. C51 Pletenina 3, orientace (r)
0°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm



Obr. C52 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 2mm



Obr. C53 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 3mm



Obr. C54 Pletenina 3, orientace (sl)
90°, tlak 4 MPa, tloušťka 4mm

Příloha D

Naměřené hodnoty a grafické zobrazení textilií zastříknutých polymerem

Tab. D1: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,68	9,94	26,64
2	2,67	10,73	28,65
3	2,79	10,37	28,93
4	2,63	10,53	27,69
5	2,70	10,11	27,30
	2,69 ± 0,05	10,34 ± 0,28	27,84 ± 0,83

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	531,00	19,93	45,15
2	565,50	19,74	37,88
3	531,00	18,35	43,05
4	546,00	19,72	41,65
5	550,50	20,16	50,00
	544,80 ± 12,73	19,58 ± 0,62	43,54 ± 3,92

Tab. D2: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

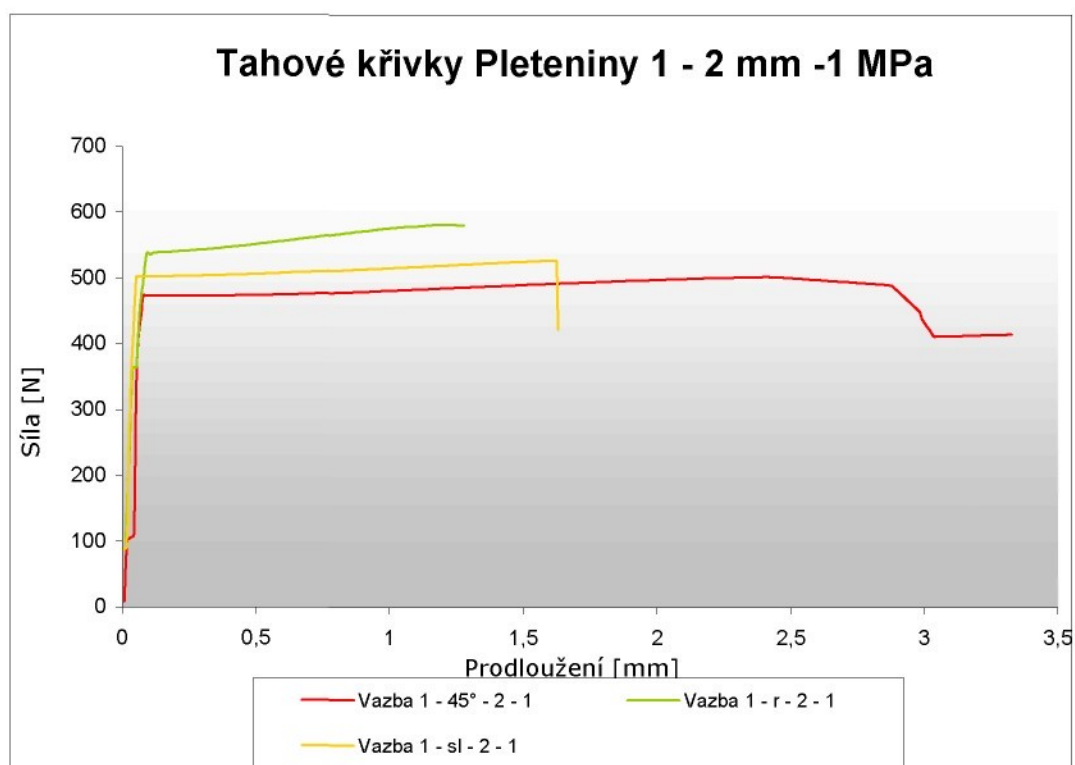
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,60	10,52	27,35
2	2,59	10,39	26,91
3	2,66	11,15	29,66
4	2,66	10,72	28,52
5	2,60	10,98	28,55
6	2,64	10,75	28,38
	2,63 ± 0,03	10,75 ± 0,23	28,23 ± 0,78

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	732,75	26,79	36,40
2	542,25	20,15	10,35
3	759,20	25,60	38,62
4	743,25	26,06	30,80
5	760,00	26,62	36,95
6	718,50	25,32	39,97
	709,33 ± 66,71	25,09 ± 1,99	32,18 ± 8,92

Tab. D3: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,63	11,38	29,93
2	2,58	10,56	27,24
3	2,63	10,96	28,84
4	2,69	10,65	28,65
5	2,62	10,55	27,64
	$2,63 \pm 0,03$	$10,82 \pm 0,31$	$28,46 \pm 0,93$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	571,50	19,09	25,80
2	531,75	19,52	31,80
3	564,00	19,56	24,56
4	543,00	18,95	29,95
5	543,75	19,67	27,90
	$550,80 \pm 14,38$	$19,36 \pm 0,28$	$28,00 \pm 2,59$



Graf D1: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 1 MPa

Tab. D4: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,56	10,27	26,28
2	2,60	10,08	26,20
3	2,62	10,41	27,28
4	2,69	10,63	28,60
5	2,60	10,44	27,14
6	2,58	10,28	26,52
	2,61 ± 2,61	10,35 ± 0,15	27,00 ± 0,72

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	511,50	19,46	31,50
2	506,25	19,32	30,48
3	529,50	19,41	40,05
4	540,00	18,88	34,20
5	485,50	17,89	23,48
6	501,75	18,92	24,96
	512,42 ± 15,72	18,97 ± 0,47	30,78 ± 4,87

Tab. D5: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

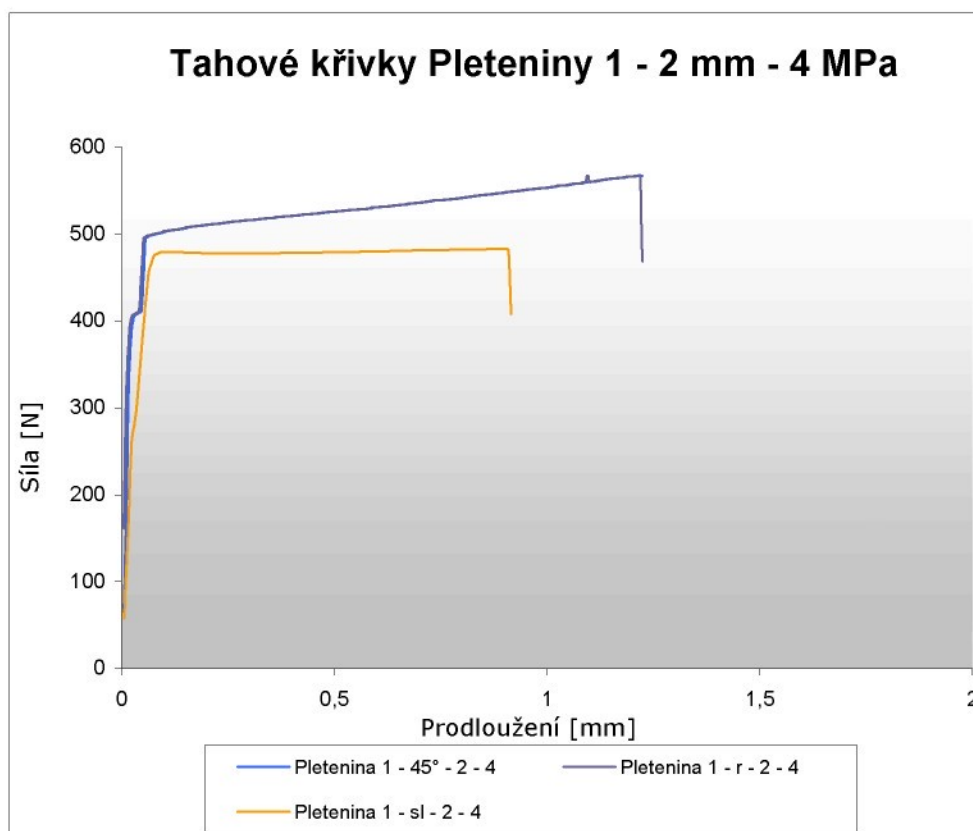
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,55	10,59	27,01
2	2,62	10,76	28,19
3	2,62	10,63	27,85
4	2,72	10,32	28,07
5	2,59	10,09	26,13
6	2,59	10,22	26,47
	2,61 ± 0,05	10,44 ± 0,21	27,29 ± 0,70

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	668,25	24,74	28,75
2	654,00	23,20	24,05
3	659,25	23,67	17,60
4	684,75	24,39	34,00
5	684,75	26,21	31,87
6	681,00	25,73	31,08
	672,00 ± 10,76	24,66 ± 0,93	27,89 ± 4,86

Tab. D6: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,65	10,16	26,92
2	2,68	10,06	26,96
3	2,66	10,11	26,89
4	2,74	10,21	27,98
5	2,71	9,82	26,61
6	2,71	10,01	27,13
	$2,69 \pm 0,03$	$10,06 \pm 0,11$	$27,08 \pm 0,38$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	481,50	17,88	20,70
2	505,50	18,75	22,84
3	503,25	18,71	29,08
4	527,25	18,85	25,60
5	518,25	19,47	24,88
6	532,50	19,63	27,08
	$511,38 \pm 14,92$	$18,88 \pm 0,50$	$25,03 \pm 2,39$



Graf D2: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 4 MPa

Tab. D7: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka **3 mm**, tlak **1MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,66	10,74	39,31
2	3,53	10,88	38,41
3	3,59	10,62	38,13
4	3,52	10,92	38,44
5	3,50	10,72	37,52
	$3,56 \pm 0,06$	$10,78 \pm 0,11$	$38,36 \pm 0,57$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	715,50	18,20	27,96
2	719,25	18,73	36,00
3	703,50	18,45	33,95
4	711,00	18,50	27,36
5	687,75	18,33	21,76
	$707,40 \pm 10,92$	$18,44 \pm 0,17$	$29,41 \pm 4,98$

Tab. D8: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

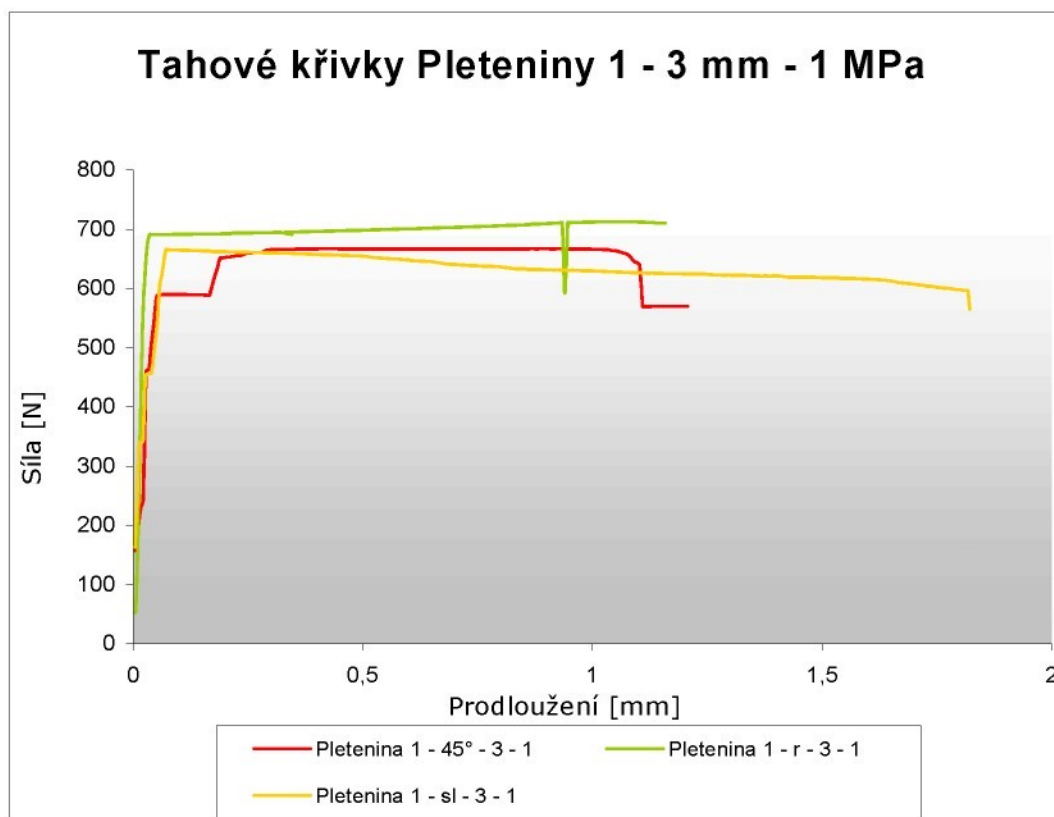
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,51	29,93	36,86
2	3,51	27,24	37,31
3	3,57	28,84	36,95
4	3,60	28,65	38,20
5	3,50	27,64	35,70
6	3,59	29,93	38,31
	$3,55 \pm 0,04$	$28,71 \pm 0,90$	$37,22 \pm 0,77$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	811,00	22,00	33,60
2	788,00	21,12	24,60
3	721,50	19,53	16,40
4	794,40	20,80	24,83
5	744,00	20,84	21,65
6	850,00	22,19	29,36
	$784,82 \pm 21,08$	$21,08 \pm 0,77$	$25,07 \pm 4,78$

Tab. D9: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,56	10,88	38,72
2	3,61	10,49	37,87
3	3,61	10,64	38,41
4	3,60	10,18	36,65
5	3,61	10,28	37,10
	$3,60 \pm 0,02$	$10,49 \pm 0,25$	$37,75 \pm 0,76$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	703,50	18,15	25,20
2	694,50	18,36	27,64
3	702,00	18,22	30,56
4	703,50	19,20	31,25
5	672,00	18,11	16,96
	$695,10 \pm 11,78$	$18,41 \pm 0,40$	$26,32 \pm 5,05$



Graf D3: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa

Tab. D10: Zastříknutá **Pletenina 1**, polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,58	10,64	38,09
2	3,63	10,35	37,57
3	3,55	10,52	37,35
4	3,63	10,19	36,99
5	3,50	9,98	34,93
6	3,62	10,13	36,67
	$3,59 \pm 0,04$	$10,30 \pm 0,20$	$36,93 \pm 0,88$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
	-	-	-

Tab. D11: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

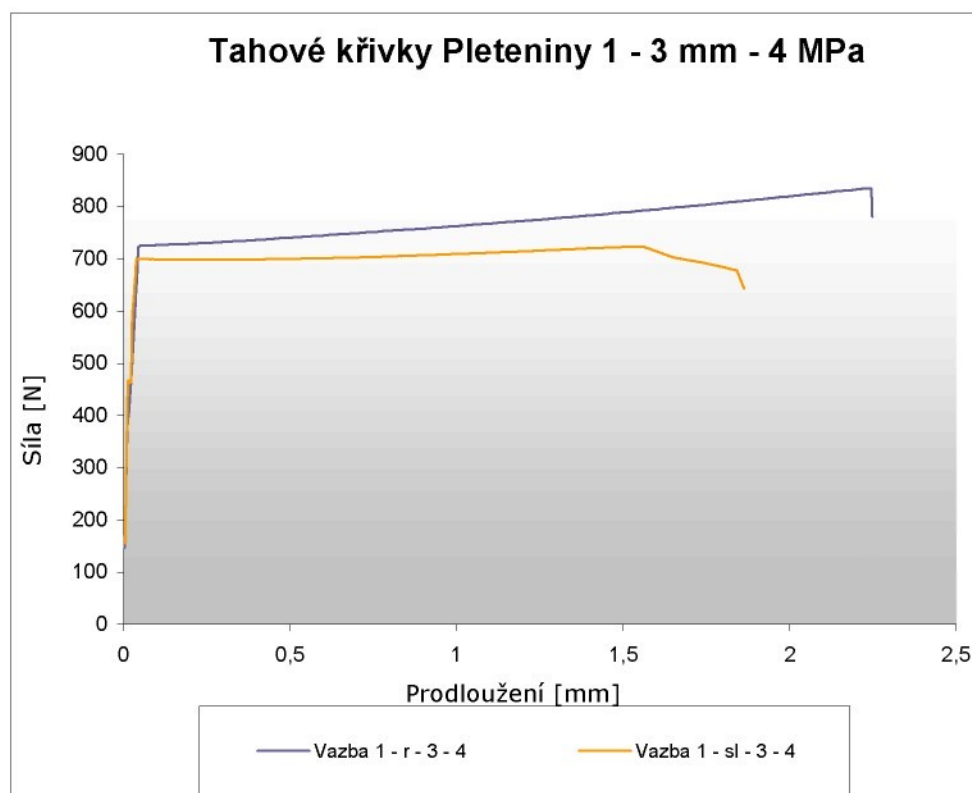
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,57	11,08	39,56
2	3,57	10,99	39,23
3	3,56	10,33	36,77
4	3,63	10,92	39,64
5	3,57	11,12	39,70
6	3,45	10,79	37,23
	$3,56 \pm 0,05$	$10,87 \pm 0,23$	$38,69 \pm 1,06$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	847	21,41	22,00
2	876	22,33	25,96
3	869	23,63	30,80
4	869	21,92	27,68
5	861	21,69	25,36
6	845	22,70	28,39
	$861,17 \pm 10,15$	$22,28 \pm 0,64$	$26,70 \pm 2,40$

Tab. D12: Zastříknutá **Pletenina 1** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,65	11,01	40,19
2	3,50	10,98	38,43
3	3,53	10,52	37,14
4	3,49	10,85	37,87
5	3,54	11,06	39,15
6	3,57	11,07	39,52
	$3,55 \pm 0,05$	$10,92 \pm 0,17$	$38,72 \pm 0,90$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	717,00	17,84	22,04
2	719,25	18,72	26,80
3	857,00	23,08	25,88
4	725,25	19,15	31,00
5	708,00	18,08	25,48
6	691,50	17,50	22,25
	$736,33 \pm 48,22$	$19,06 \pm 1,65$	$25,57 \pm 2,64$



Graf D4: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 4 MPa

Tab. D13: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,56	10,74	27,49
2	2,60	10,71	27,85
3	2,57	10,93	28,09
4	2,50	10,59	26,48
5	2,52	10,77	27,14
6	2,58	10,89	28,09
	$2,55 \pm 0,03$	$10,77 \pm 0,10$	$27,52 \pm 0,50$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	561,00	20,41	16,58
2	538,50	19,34	17,75
3	547,50	19,49	15,76
4	505,50	19,09	15,05
5	528,00	19,45	19,75
6	548,25	19,52	18,00
	$538,13 \pm 15,52$	$19,55 \pm 0,36$	$17,15 \pm 1,36$

Tab. D14: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2mm**, tlak **1MPa**

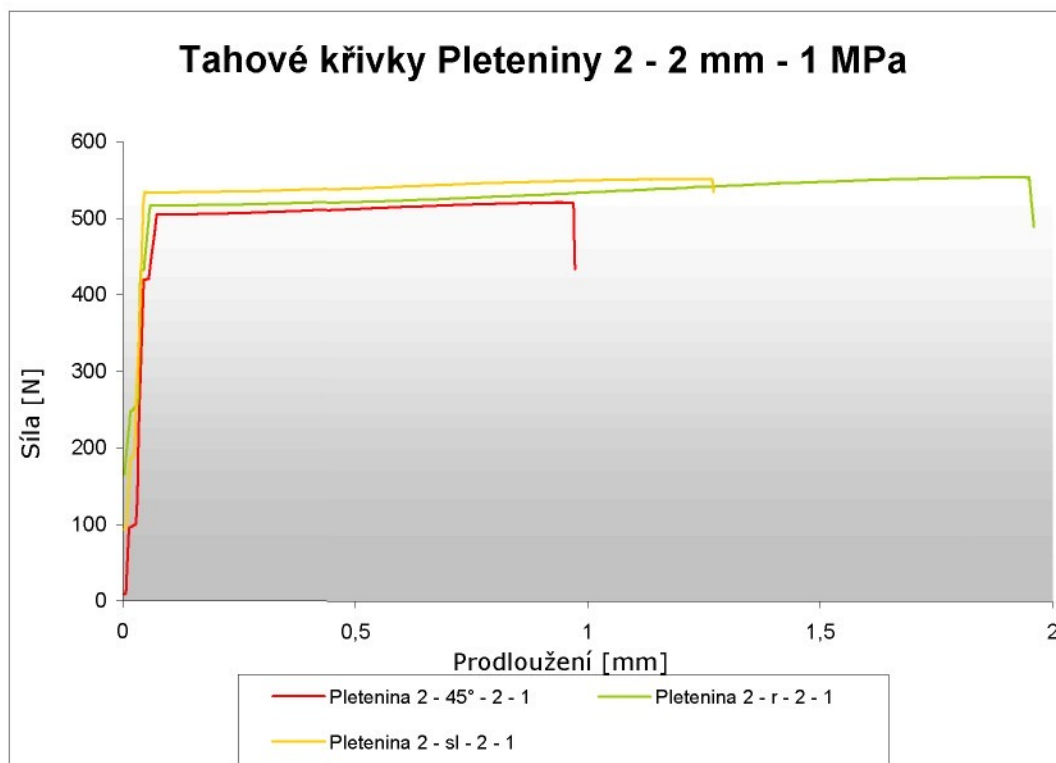
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,54	11,16	28,35
2	2,52	10,36	26,11
3	2,53	10,71	27,09
4	2,52	10,80	27,21
5	2,56	11,73	30,03
6	2,56	11,73	30,03
	$2,54 \pm 0,01$	$11,08 \pm 0,45$	$28,14 \pm 1,30$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	549,00	19,37	13,05
2	515,25	19,73	21,36
3	534,00	19,71	19,88
4	528,00	19,40	21,85
5	601,50	20,03	21,08
6	615,75	20,50	20,28
	$557,25 \pm 19,79$	$19,79 \pm 0,34$	$19,58 \pm 2,62$

Tab. D15: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,54	10,61	26,95
2	2,52	10,46	26,36
3	2,61	10,71	27,95
4	2,56	10,75	27,52
5	2,57	10,80	27,76
6	2,58	11,14	28,74
	$2,56 \pm 0,03$	$10,75 \pm 0,18$	$27,55 \pm 0,66$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	535,50	19,87	8,56
2	539,25	20,46	9,56
3	553,50	19,80	10,66
4	555,00	20,17	10,55
5	573,00	20,64	14,28
6	563,25	19,60	15,20
	$553,25 \pm 11,34$	$20,08 \pm 0,32$	$11,47 \pm 2,13$



Graf D5: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 1 MPa

Tab. D16: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,59	11,28	29,22
2	2,54	10,48	26,62
3	2,50	11,02	27,55
4	2,55	10,90	27,80
5	2,49	10,91	27,17
6	2,45	10,49	25,70
	$2,52 \pm 0,04$	$10,85 \pm 0,25$	$27,34 \pm 0,95$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	559,50	19,15	19,24
2	524,25	19,63	12,57
3	552,00	20,04	18,68
4	530,25	19,07	11,85
5	525,75	19,35	17,98
6	499,50	19,44	13,86
	$531,88 \pm 17,22$	$19,46 \pm 0,29$	$15,70 \pm 2,64$

Tab. D17: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

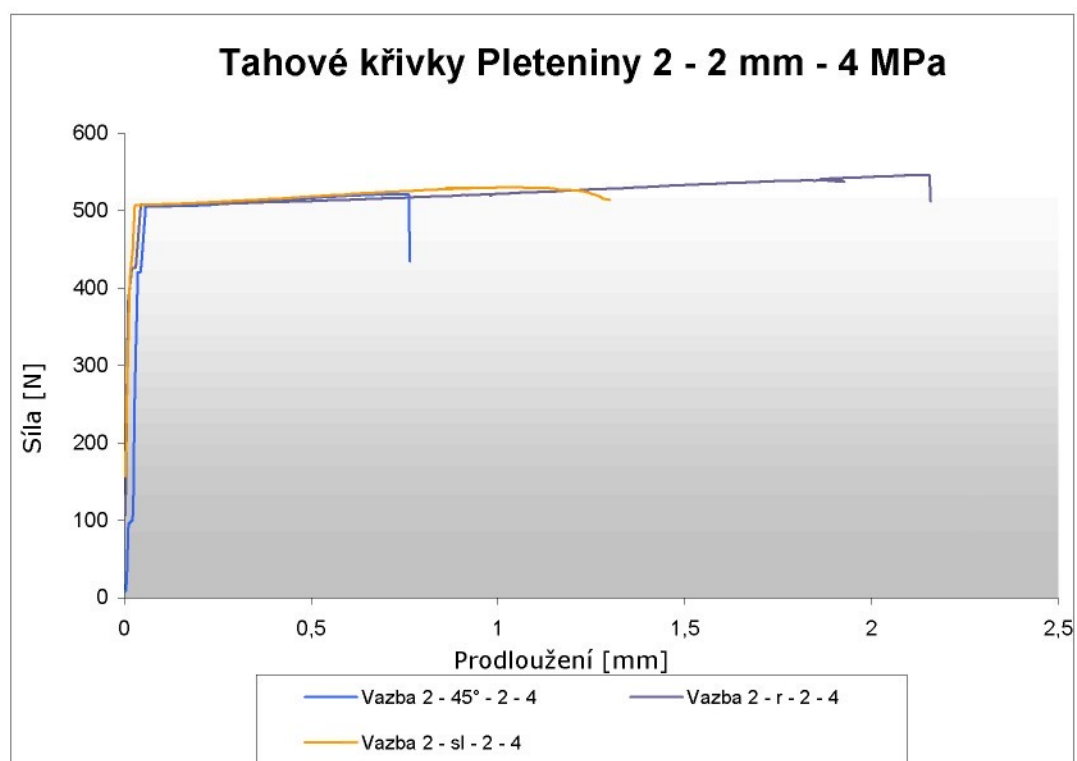
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,55	10,75	27,41
2	2,56	11,09	28,39
3	2,60	11,71	30,45
4	2,54	11,74	29,82
5	2,53	10,84	27,43
6	2,58	11,24	28,99
	$2,56 \pm 0,02$	$11,23 \pm 0,34$	$28,75 \pm 0,10$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	535,50	19,54	24,96
2	552,00	19,44	25,64
3	561,00	18,42	18,26
4	543,75	18,23	22,38
5	546,00	19,91	18,96
6	567,00	19,56	25,24
	$550,88 \pm 9,29$	$19,18 \pm 0,55$	$22,57 \pm 2,63$

Tab. D18: Zastříknutá **Pletenina 2** polymerem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,54	10,56	26,82
2	2,52	10,45	26,33
3	2,47	10,92	26,97
4	2,47	10,80	26,68
5	2,52	10,80	27,21
6	2,48	10,43	25,87
	$2,50 \pm 0,02$	$10,66 \pm 0,17$	$26,65 \pm 0,38$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	515,25	19,21	10,96
2	519,00	19,71	14,68
3	544,50	20,19	15,65
4	534,00	20,01	16,96
5	557,25	20,48	12,26
6	527,25	20,38	8,98
	$532,88 \pm 12,73$	$19,99 \pm 0,38$	$13,25 \pm 2,43$



Graf D6: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 4 MPa

Tab. D19: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,51	10,89	38,22
2	3,48	10,90	37,93
3	3,37	10,41	35,08
4	3,46	10,29	35,60
5	3,48	10,76	37,44
6	3,50	10,49	36,72
	3,47 ± 0,04	10,62 ± 0,21	36,83 ± 1,02

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	745,50	19,51	17,36
2	728,25	19,19	16,08
3	707,25	20,16	15,36
4	700,50	19,68	19,55
5	730,50	19,51	18,68
6	708,75	19,30	20,88
	720,13 ± 13,85	19,56 ± 0,27	17,99 ± 1,67

Tab. D20: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

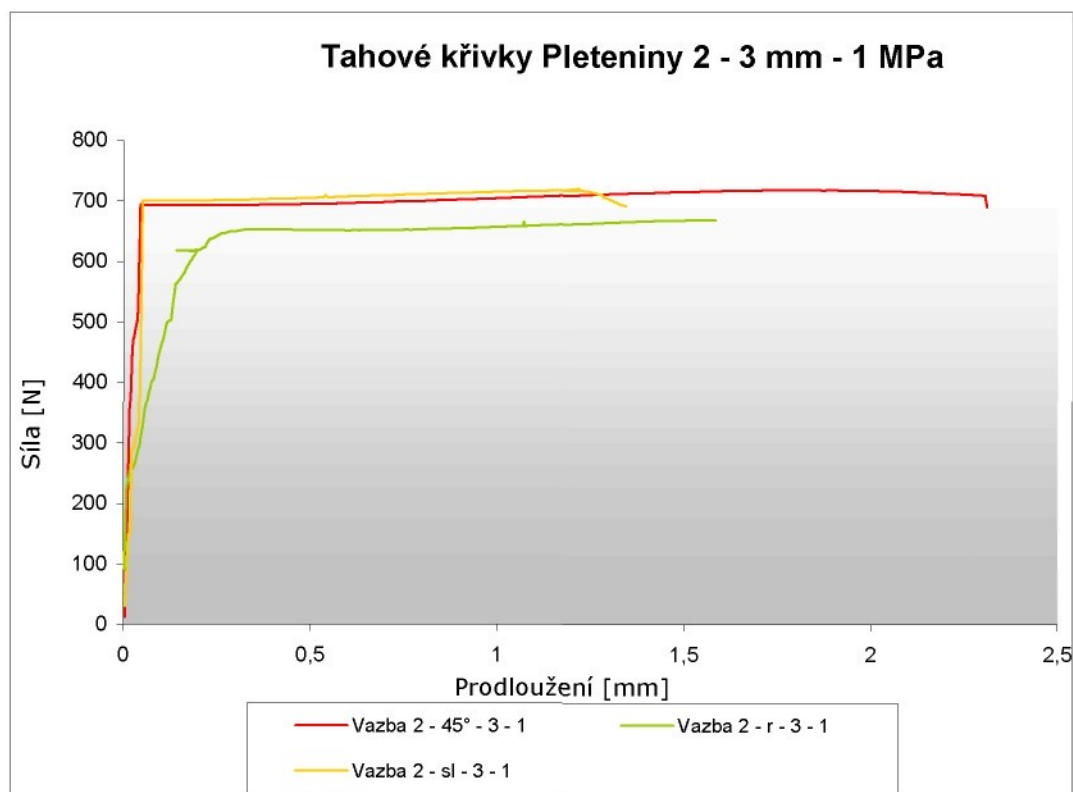
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,61	10,01	36,14
2	3,51	10,37	36,40
3	3,53	10,81	38,16
	3,55 ± 0,06	10,39 ± 0,43	36,90 ± 1,24

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	690,00	19,09	20,84
2	658,50	18,08	15,06
3	684,00	17,92	19,35
	677,50 ± 18,93	18,37 ± 0,72	18,42 ± 3,40

Tab. D21: Zastříknutá **Pletenina 2** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,57	10,81	38,59
2	3,48	10,70	37,24
3	3,42	10,41	35,60
4	3,47	10,68	37,06
5	3,40	10,51	35,73
6	3,44	11,00	37,84
	$3,46 \pm 0,05$	$10,69 \pm 0,17$	$37,01 \pm 0,94$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	744,00	19,28	12,38
2	734,25	19,72	15,08
3	709,50	19,93	13,56
4	723,00	19,51	15,56
5	710,25	19,88	12,80
6	743,25	19,64	10,88
	$727,38 \pm 12,44$	$19,66 \pm 0,19$	$13,38 \pm 1,40$



Graf D7: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa

Tab. D22: Zastříknutá **Pletenina 2** polymerem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,48	12,72	44,27
2	3,53	12,79	45,15
3	3,45	12,41	42,81
4	3,51	12,18	42,76
5	3,44	11,98	41,21
6	3,44	12,54	43,13
	$3,48 \pm 0,03$	$12,44 \pm 0,25$	$43,22 \pm 1,09$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	831,00	18,77	21,70
2	854,00	18,91	19,35
3	827,00	19,32	20,56
4	815,00	19,06	18,77
5	774,40	18,79	11,36
6	804,00	18,64	13,46
	$817,57 \pm 21,62$	$18,92 \pm 0,19$	$17,53 \pm 3,32$

Tab. D23: Zastříknutá **Pletenina 2** polymerem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

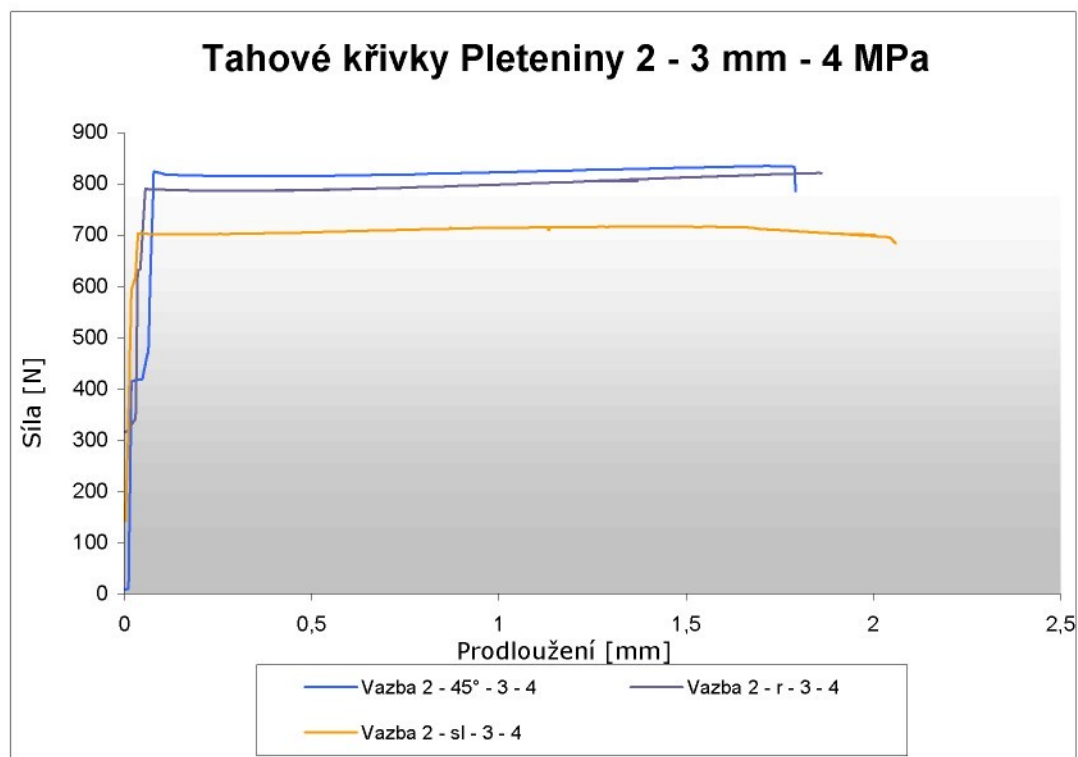
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,55	12,64	44,87
2	3,50	12,91	45,19
3	3,49	12,53	43,73
4	3,54	11,08	39,22
5	3,50	11,22	39,27
	$3,52 \pm 0,02$	$12,08 \pm 0,75$	$42,46 \pm 2,61$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	887,00	19,77	24,56
2	887,00	19,63	20,58
3	871,00	19,92	22,40
4	753,60	19,21	21,56
5	733,50	18,68	14,76
	$826,42 \pm 66,85$	$19,44 \pm 0,44$	$20,77 \pm 3,21$

Tab. D24: Zastříknutá **Pletenina 2** polymerem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,45	11,02	38,02
2	3,42	10,78	36,87
3	3,45	10,93	37,71
4	3,38	10,42	35,22
5	3,43	10,55	36,19
6	3,44	10,89	37,46
	$3,43 \pm 0,02$	$10,77 \pm 0,19$	$36,91 \pm 0,84$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	746,25	19,63	18,30
2	730,50	19,81	8,65
3	735,75	19,51	15,06
4	702,00	19,93	11,08
5	687,00	18,98	14,04
6	712,50	19,02	13,35
	$719,00 \pm 17,93$	$19,48 \pm 0,32$	$13,41 \pm 2,66$



Graf D8: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 4 MPa

Tab. D25: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,62	10,53	27,59
2	2,65	10,26	27,19
3	2,66	10,31	27,42
4	2,74	10,67	29,24
5	2,68	10,41	27,90
6	2,78	10,37	28,83
	2,69 ± 0,05	10,43 ± 0,12	28,03 ± 0,66

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	545,25	19,76	18,38
2	554,25	20,38	16,16
3	543,00	19,80	17,35
4	552,00	18,88	20,45
5	546,75	19,59	18,27
6	550,50	19,09	19,14
	548,63 ± 3,45	19,59 ± 0,43	18,29 ± 1,18

Tab. D26: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

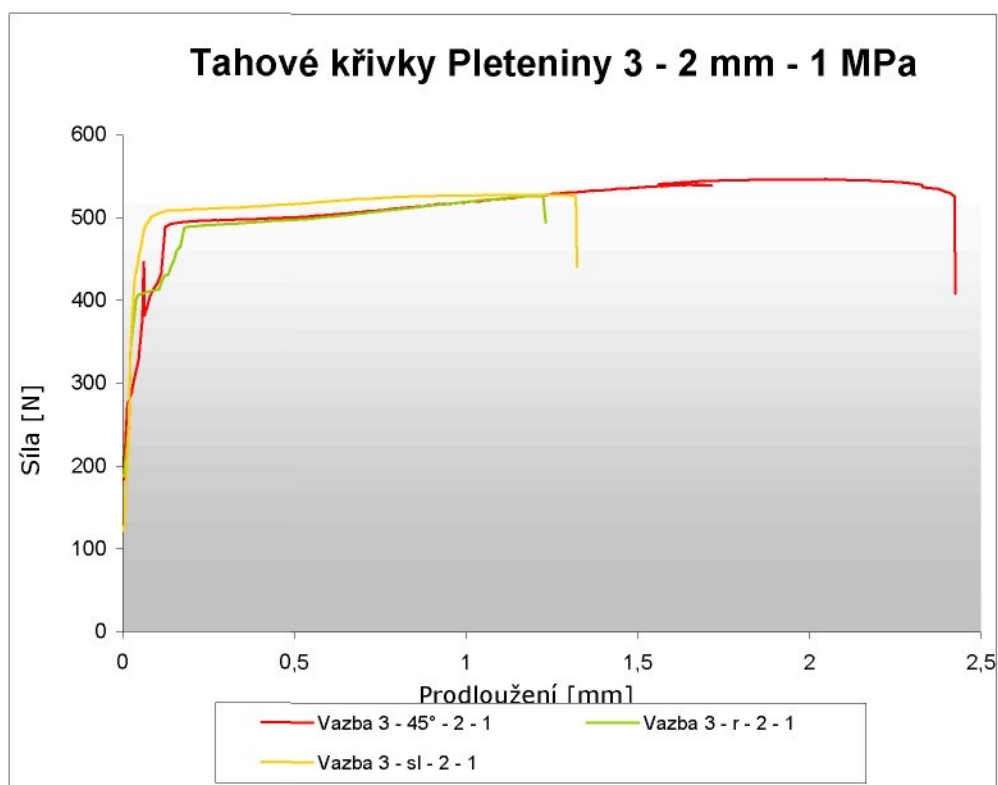
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,71	10,36	28,08
2	2,71	10,40	28,18
3	2,71	10,64	28,83
4	2,81	10,47	29,42
5	2,72	10,19	27,72
6	2,69	10,19	27,41
	2,73 ± 0,03	10,38 ± 0,14	28,27 ± 0,59

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	573,00	20,41	22,95
2	574,50	20,39	21,96
3	594,75	20,63	25,08
4	558,00	18,97	21,85
5	543,75	19,62	16,16
6	555,00	20,25	16,56
	566,50 ± 14,43	20,04 ± 0,50	20,76 ± 2,88

Tab. D27: Zastříknutá **Pletenina 3** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,74	10,61	29,07
2	2,70	10,08	27,22
3	2,68	10,72	28,73
4	2,64	10,22	26,98
5	2,69	10,23	27,52
6	2,69	10,56	28,41
	$2,69 \pm 0,03$	$10,40 \pm 0,21$	$27,99 \pm 0,70$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	531,00	18,27	18,00
2	561,75	20,64	13,07
3	561,75	19,55	15,00
4	516,75	19,15	13,76
5	553,50	20,11	12,06
6	529,50	18,64	11,66
	$542,38 \pm 15,29$	$19,39 \pm 0,22$	$13,93 \pm 1,86$



Graf D9: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 4 MPa

Tab. D28: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,65	10,11	26,79
2	2,62	10,63	27,85
3	2,71	10,62	28,78
4	2,67	10,59	28,28
5	2,65	10,55	27,96
6	2,69	10,78	28,99
	$2,67 \pm 0,03$	$10,55 \pm 0,18$	$28,11 \pm 0,63$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	540,00	20,16	13,46
2	566,25	20,33	18,48
3	573,75	19,93	21,68
4	554,25	19,60	15,16
5	531,00	18,99	14,56
6	549,75	18,96	22,16
	$552,50 \pm 12,75$	$19,66 \pm 0,47$	$17,58 \pm 3,01$

Tab. D29: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

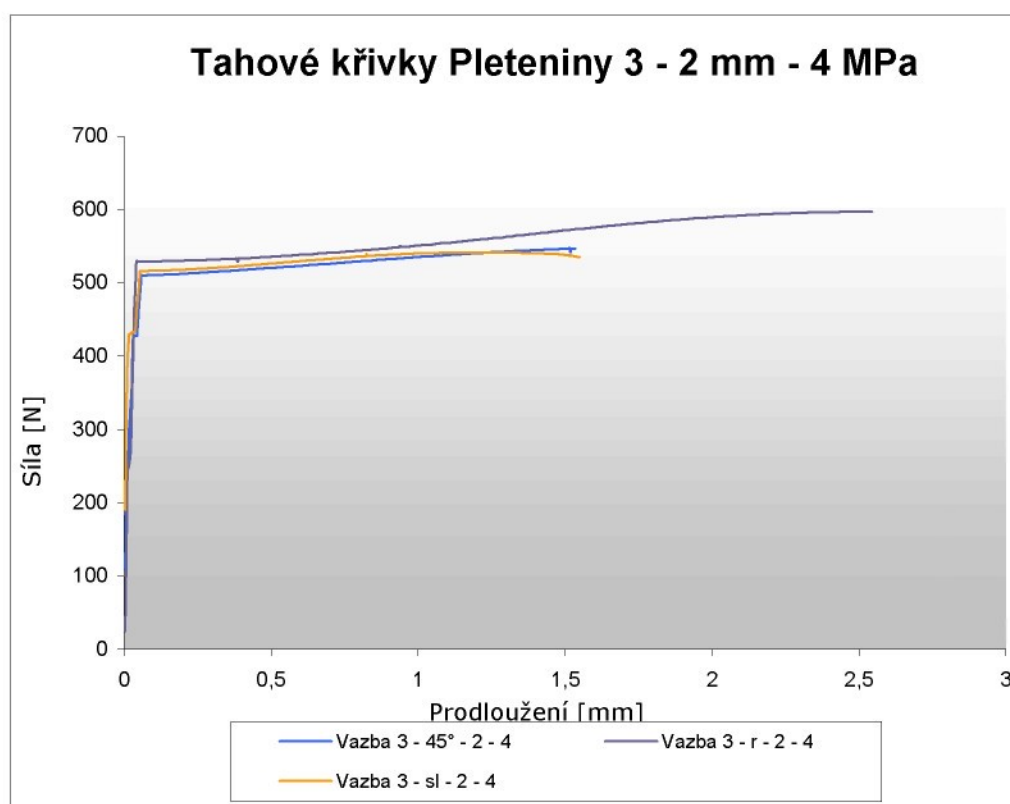
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,68	9,93	26,62
2	2,66	10,62	28,26
3	2,63	10,23	26,90
4	2,69	10,06	27,07
5	2,69	10,12	27,23
6	2,61	10,64	27,77
	$2,66 \pm 0,03$	$10,27 \pm 0,24$	$27,31 \pm 0,48$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	605,25	20,40	28,40
2	588,00	20,62	26,16
3	612,75	21,55	25,76
4	579,75	20,26	23,36
5	627,75	20,29	25,60
6	586,50	20,50	21,95
	$600,00 \pm 14,74$	$20,60 \pm 0,39$	$25,21 \pm 1,81$

Tab. D30: Zastříknutá **Pletenina 3** polypropylenem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **2 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	2,72	10,77	29,29
2	2,54	10,58	26,87
3	2,61	10,48	27,35
4	2,59	10,45	27,07
5	2,55	10,44	26,62
6	2,73	10,72	29,27
	$2,62 \pm 0,07$	$10,57 \pm 0,11$	$27,75 \pm 0,97$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	545,25	18,62	12,07
2	533,25	19,85	8,56
3	545,25	19,94	11,56
4	529,00	19,54	7,73
5	553,50	20,79	13,75
6	552,00	18,86	12,65
	$543,04 \pm 7,94$	$19,60 \pm 0,63$	$11,05 \pm 1,91$



Graf D10: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 3, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 4 MPa

Tab. D31: Zastříknutá **Pletenina 3** polypropylenem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,65	11,13	40,62
2	3,58	10,62	38,02
3	3,67	10,98	40,30
4	3,64	10,65	38,77
	3,64 ± 0,04	10,85 ± 0,25	39,43 ± 1,21

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	708,00	17,43	10,26
2	711,00	18,70	16,85
3	698,25	17,33	12,96
4	702,75	18,13	19,48
	705,00 ± 5,53	17,90 ± 0,63	14,89 ± 4,00

Tab. D32: Zastříknutá **Pletenina 3** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

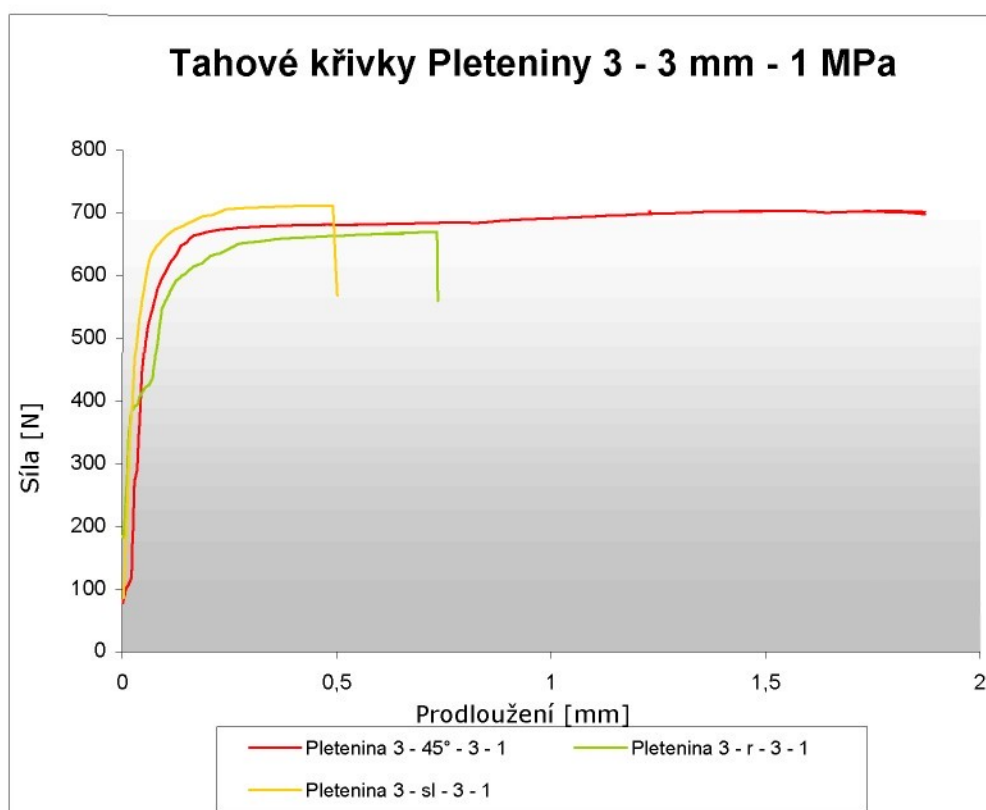
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,69	10,58	39,04
2	3,59	10,39	37,30
3	3,67	10,77	39,53
4	3,60	10,63	38,27
	3,64 ± 0,05	10,59 ± 0,15	38,54 ± 0,95

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	708,00	18,14	20,85
2	682,50	18,30	12,45
3	711,00	17,98	16,36
4	704,25	18,40	18,86
	701,44 ± 12,66	18,21 ± 0,18	17,13 ± 3,55

Tab. D33: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **1 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,62	11,28	40,83
2	3,64	10,75	39,13
3	3,55	10,92	38,66
4	3,58	11,07	39,52
	$3,60 \pm 0,03$	$11,01 \pm 0,22$	$39,54 \pm 0,91$

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	746,25	18,28	13,50
2	708,00	18,09	12,16
3	690,00	17,80	12,36
4	734,25	18,58	12,86
	$719,63 \pm 24,89$	$18,19 \pm 0,32$	$12,72 \pm 0,59$



Graf D11: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 3, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa

Tab. D34: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **45°**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,59	11,02	39,56
2	3,61	10,67	38,52
3	3,54	10,96	38,80
4	3,48	10,73	37,34
5	3,60	10,61	38,21
6	3,61	10,65	38,45
	3,57	10,77	38,48

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
	-	-	-

Tab. D35: Zastříknutá **Pletenina 3** polypropylenem, orientace **0° (r)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

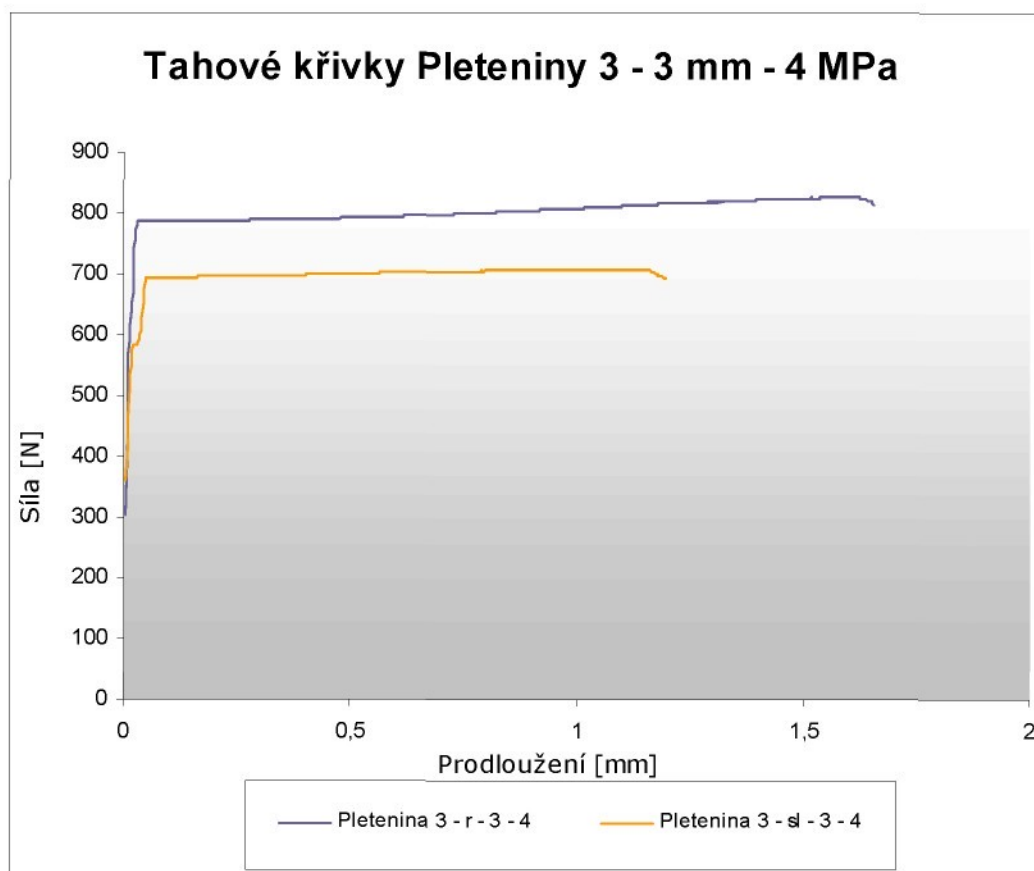
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,56	11,44	40,73
2	3,59	11,79	42,33
3	3,63	12,27	44,54
4	3,59	11,72	42,07
5	3,54	11,56	40,92
6	3,55	11,54	40,97
	3,58 ± 0,03	11,72 ± 0,24	41,93 ± 1,15

Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	841	20,65	20,50
2	834	19,70	14,56
3	875	19,65	21,48
4	843	20,04	19,08
5	843	20,60	19,48
6	807	19,70	20,96
	840,50 ± 17,41	20,06 ± 0,37	19,34 ± 2,01

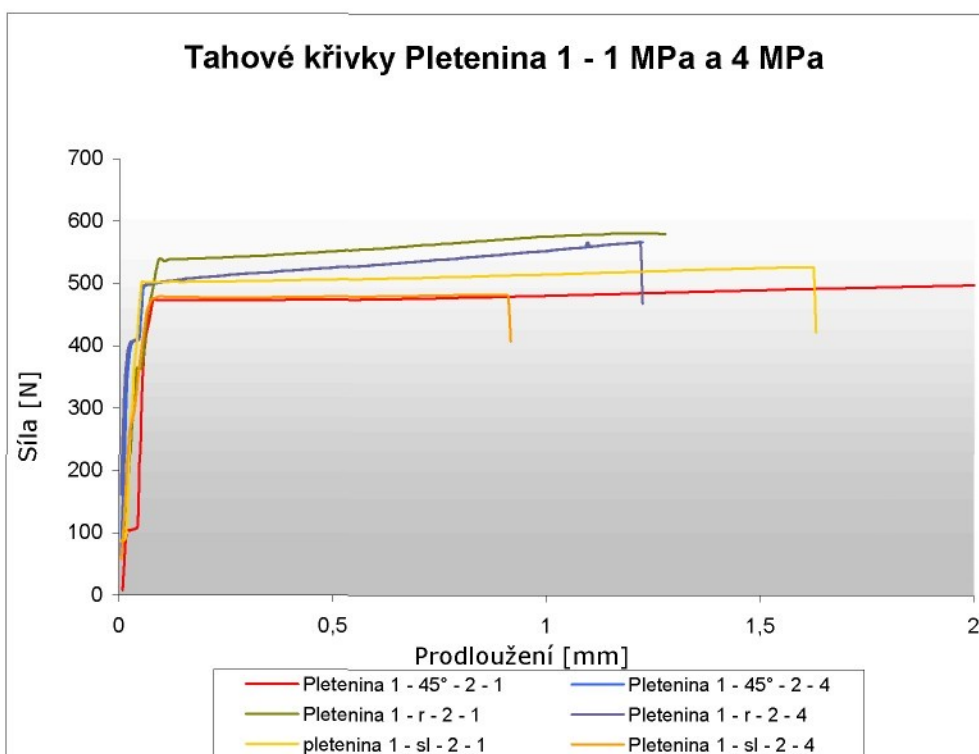
Tab. D36: Zastříknutá **Pletenina 3** polymerem, orientace **90° (sl)**, tloušťka polymeru **3 mm**, tlak **4 MPa**

Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Šířka [mm]	Plocha [mm ²]
1	3,52	10,60	37,31
2	3,61	10,67	38,52
3	3,66	10,79	39,49
4	3,51	10,83	38,01
5	3,48	10,51	36,57
6	3,52	10,73	37,77
	$3,55 \pm 0,06$	$10,69 \pm 0,10$	$37,95 \pm 0,80$

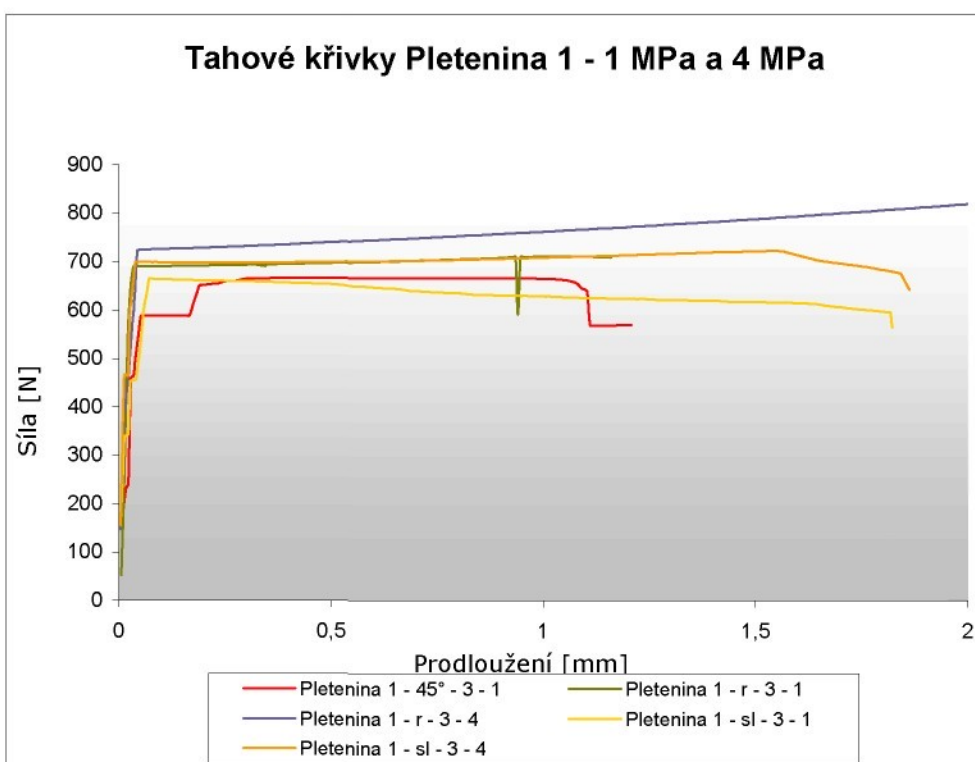
Číslo vzorku	Síla [N]	Napětí σ_2 [MPa]	Poměrné prodloužení ε_r [%]
1	713,25	19,12	14,10
2	703,50	18,26	14,66
3	713,25	18,06	13,27
4	716,25	18,84	14,88
5	713,25	19,50	10,88
6	732,00	19,38	12,50
	$715,25 \pm 7,43$	$18,86 \pm 0,47$	$13,38 \pm 1,21$



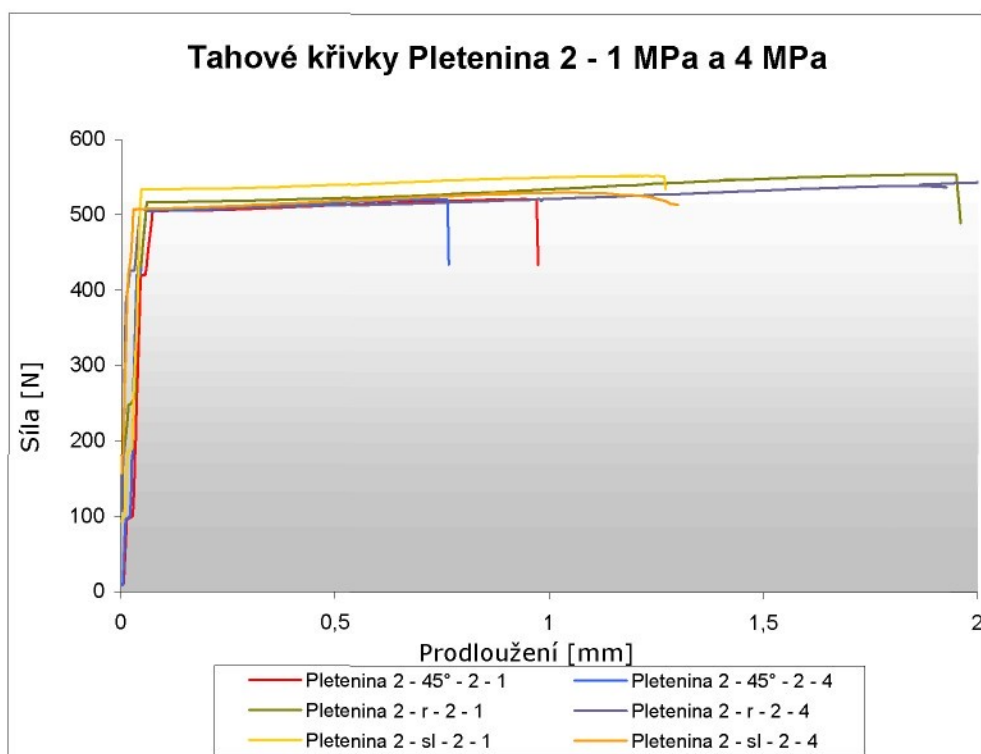
Graf D12: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 3, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 4 MPa



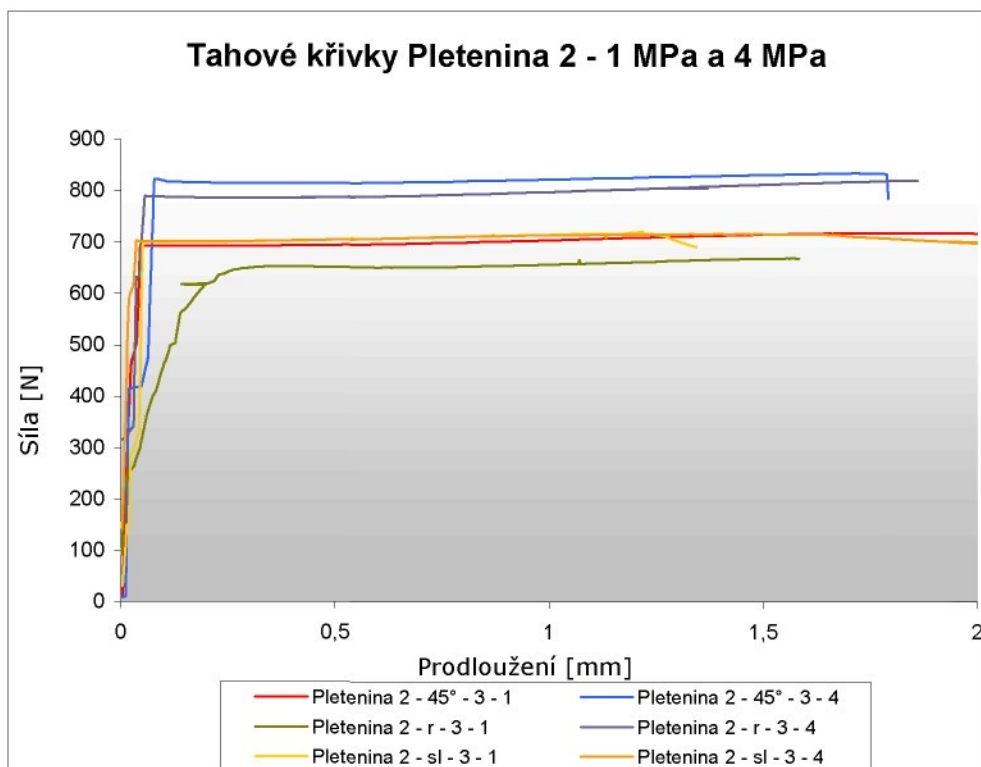
Graf D13: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa



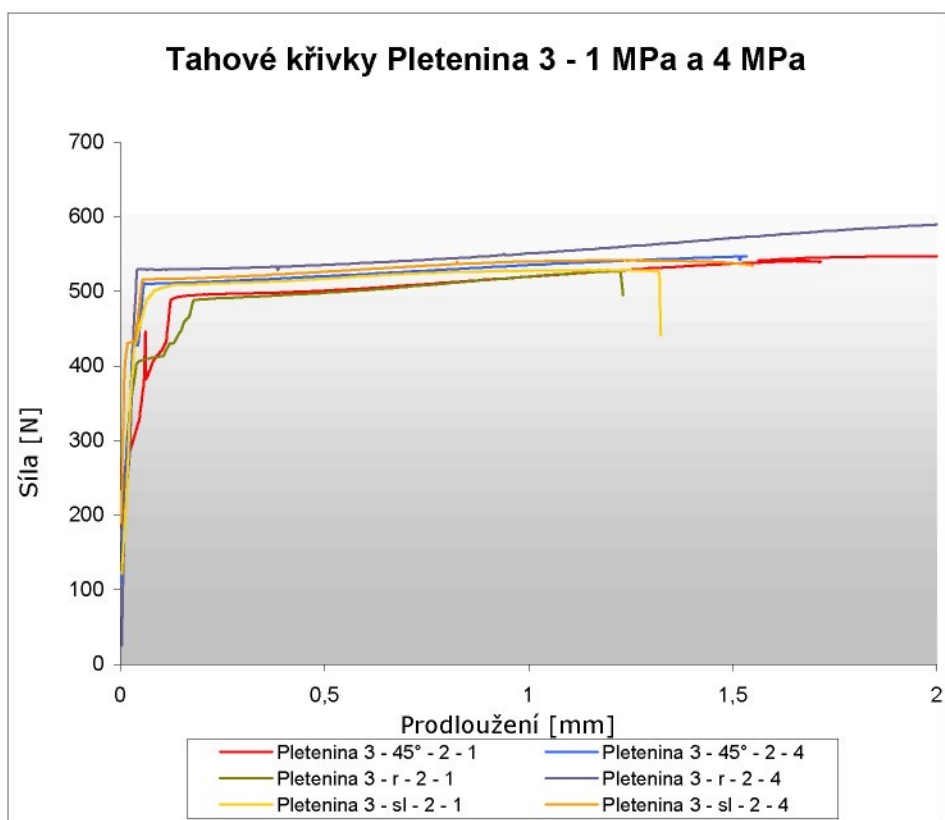
Graf D14: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 1, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa



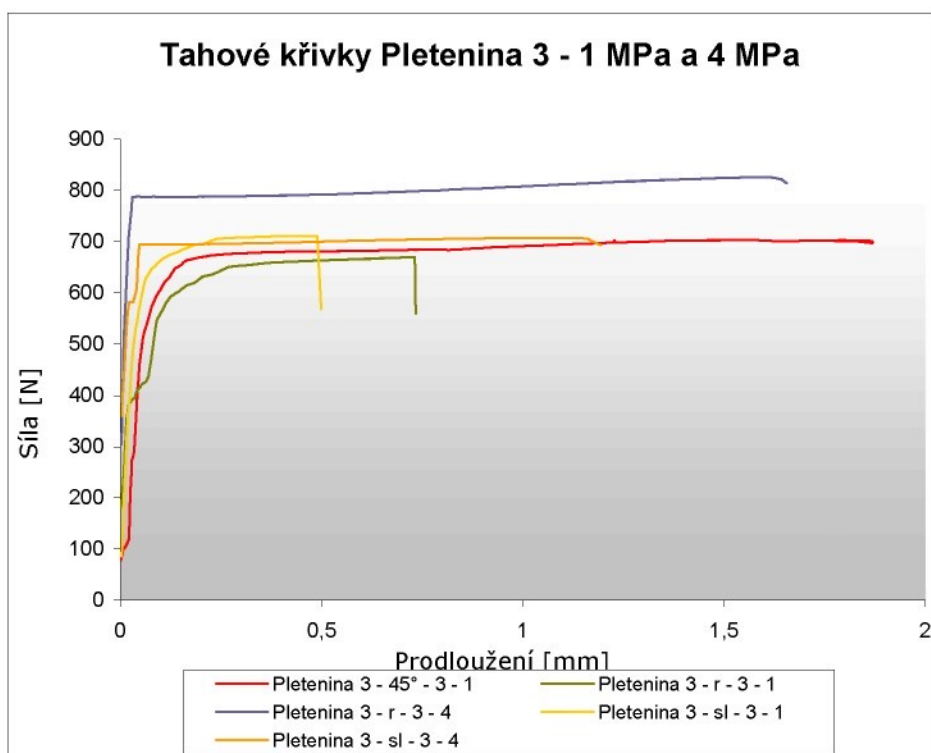
Graf D15: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa



Graf D16: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 2, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa



Graf D17: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 3, různá orientace, tloušťka formy 2 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa



Graf D18: Tahové křivky textilie zastříknuté polymerem – Pletenina 3, různá orientace, tloušťka formy 3 mm, tlak 1 MPa a 4 MPa

Příloha E

Statistické zpracování naměřených hodnot zastříkovaných textilií

Tab. E1: Naměřené statistické hodnoty zastříkovaných textilií

PLETENINA 1									
		2 mm, 1MPa				2 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	709,33	3,22	25,09	32,18	672,00	2,79	24,66	27,89
	Směrodatná odchylka	83,37	1,11	2,49	11,15	13,47	0,61	1,16	6,08
	Variační koeficient	11,75	34,64	9,91	34,64	2,00	21,80	4,70	21,80
	Spodní mez	642,62	2,33	23,10	23,26	661,24	2,30	23,73	23,03
	Horní mez	776,04	4,11	27,08	41,10	682,76	3,28	25,59	32,75
Směr 45°	Průměr	544,80	4,35	19,58	43,55	512,42	3,08	18,98	30,78
	Směrodatná odchylka	14,52	0,45	0,71	4,48	19,65	0,61	0,59	6,09
	Variační koeficient	2,67	10,28	3,63	10,28	3,83	19,78	3,11	19,78
	Spodní mez	532,07	3,96	18,96	39,62	496,70	2,59	18,50	25,91
	Horní mez	557,53	4,74	20,2	47,46	528,14	3,57	19,44	35,65
Podélný směr 90°	Průměr	550,80	2,80	19,36	28,00	511,38	2,50	18,88	25,03
	Směrodatná odchylka	16,40	0,30	0,32	2,95	18,65	0,30	0,63	2,98
	Variační koeficient	2,98	10,55	1,63	10,55	3,65	11,92	3,31	11,92
	Spodní mez	536,42	2,54	19,08	25,41	496,46	2,26	18,38	22,64
	Horní mez	565,18	3,06	19,64	30,59	526,30	2,74	19,38	27,42
PLETENINA 1									
		3 mm, 1MPa				3 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	784,82	2,51	21,08	25,07	861,17	2,67	22,28	26,70
	Směrodatná odchylka	46,28	0,60	0,96	5,97	12,69	0,30	0,80	3,00
	Variační koeficient	5,90	23,82	4,57	23,82	1,47	11,25	3,61	11,25
	Spodní mez	763,74	2,03	20,31	20,29	850,66	2,43	21,64	24,30
	Horní mez	805,90	2,99	21,85	29,85	817,68	2,91	22,92	29,10
Směr 45°	Průměr	707,40	2,94	18,44	29,41	-	-	-	-
	Směrodatná odchylka	12,45	0,57	0,20	5,68	-	-	-	-
	Variační koeficient	1,76	19,30	1,07	19,30	-	-	-	-
	Spodní mez	696,48	2,44	18,27	24,43	-	-	-	-
	Horní mez	718,32	3,44	18,61	34,39	-	-	-	-
Podélný směr 90°	Průměr	695,10	2,63	18,41	26,32	736,33	2,56	19,06	25,57
	Směrodatná odchylka	13,44	0,58	0,45	5,76	60,27	0,33	2,06	3,30
	Variační koeficient	1,93	21,90	2,45	21,90	8,19	12,92	10,79	12,92
	Spodní mez	683,32	2,12	18,01	21,27	688,11	2,30	17,41	22,93
	Horní mez	706,88	3,14	18,81	31,37	784,55	2,82	20,71	28,21
PLETENINA 2									
		2 mm, 1MPa				2 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	557,25	1,96	19,79	19,58	550,88	2,26	19,18	22,57
	Směrodatná odchylka	41,49	0,33	0,43	3,28	11,62	0,33	0,68	3,28
	Variační koeficient	7,45	16,75	2,16	16,75	2,11	14,55	3,55	14,55
	Spodní mez	537,46	1,70	19,45	16,96	541,59	2,00	18,63	19,94
	Horní mez	577,04	2,22	20,13	22,20	560,17	2,52	19,73	25,20
Směr 45°	Průměr	538,13	1,71	19,55	17,15	531,88	1,57	19,46	15,70
	Směrodatná odchylka	19,39	0,17	0,45	1,70	21,52	0,33	0,36	3,30
	Variační koeficient	3,60	9,94	2,28	9,94	4,05	21,05	1,84	21,05
	Spodní mez	522,61	1,57	19,19	15,79	514,66	1,31	19,16	13,06
	Horní mez	553,65	1,85	19,91	18,51	549,10	1,83	19,74	18,34
Podélný směr 90°	Průměr	553,25	1,15	20,09	11,47	532,88	1,32	19,98	13,25
	Směrodatná odchylka	14,17	0,27	0,41	2,66	15,91	0,30	0,47	3,04
	Variační koeficient	2,56	23,21	2,02	23,21	2,99	22,91	2,36	22,91
	Spodní mez	541,91	0,94	19,76	9,34	520,15	1,08	19,61	10,82
	Horní mez	564,59	1,36	20,40	13,60	545,61	1,56	20,37	15,68

Tab. E2: Naměřené statistické hodnoty zastříkovaných textilií

PLETENINA 2									
		3 mm, 1MPa				3 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	677,50	1,84	18,37	18,42	826,42	2,08	19,44	20,77
	Směrodatná odchylka	16,73	0,30	0,63	3,00	76,26	0,37	0,50	3,67
	Variační koeficient	2,47	16,29	3,44	16,29	9,23	17,66	2,58	17,66
	Spodní mez	658,57	1,50	17,65	15,02	759,57	1,76	19,00	17,56
	Horní mez	696,43	2,18	19,09	21,82	893,27	2,40	19,88	23,98
Směr 45°	Průměr	720,13	1,80	19,56	17,98	817,57	1,75	18,92	17,53
	Směrodatná odchylka	17,31	0,21	0,34	2,11	27,02	0,41	0,24	4,15
	Variační koeficient	2,40	11,72	1,73	11,72	3,31	23,66	1,28	23,66
	Spodní mez	706,28	1,63	19,29	16,32	795,95	1,42	18,73	14,21
	Horní mez	733,98	1,97	19,83	19,66	839,19	2,08	19,11	20,85
Podélný směr 90°	Průměr	727,38	1,34	19,66	13,38	719,00	1,34	19,48	13,41
	Směrodatná odchylka	15,54	0,17	0,24	1,75	22,41	0,33	0,40	3,32
	Variační koeficient	2,14	13,08	1,23	13,08	3,12	24,75	2,05	24,75
	Spodní mez	714,94	1,20	19,47	11,98	701,07	1,07	19,16	10,75
	Horní mez	739,82	1,48	19,85	14,78	736,93	1,61	19,80	16,07
PLETENINA 3									
		2 mm, 1MPa				2 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	566,50	2,08	20,04	20,76	600	2,52	20,60	25,21
	Směrodatná odchylka	18,04	0,36	0,63	3,60	18,42	0,23	0,48	2,26
	Variační koeficient	3,18	17,35	3,13	17,35	3,07	8,97	2,35	8,97
	Spodní mez	552,07	1,79	19,54	17,88	585,26	2,34	20,21	23,40
	Horní mez	580,93	2,37	20,54	23,64	614,74	2,70	20,99	27,02
Směr 45°	Průměr	548,63	1,83	19,59	18,29	552,50	1,76	19,66	17,58
	Směrodatná odchylka	4,31	0,15	0,54	1,47	15,94	0,38	0,59	3,76
	Variační koeficient	0,79	8,05	2,75	8,05	2,88	21,36	2,98	21,36
	Spodní mez	545,18	1,71	19,16	17,11	539,75	1,46	19,19	14,57
	Horní mez	552,08	1,95	20,02	19,47	565,25	2,06	20,13	20,59
Podélný směr 90°	Průměr	542,38	1,39	19,38	13,93	543,04	1,11	19,60	11,05
	Směrodatná odchylka	19,11	0,23	0,28	2,33	9,92	0,24	0,79	2,38
	Variační koeficient	3,52	16,72	1,45	16,72	1,83	21,55	4,03	21,55
	Spodní mez	527,09	1,20	19,17	12,07	535,10	0,92	18,97	9,14
	Horní mez	557,67	1,58	19,61	15,79	550,98	1,30	20,23	12,96
PLETENINA 3									
		3 mm, 1MPa				3 mm, 4MPa			
Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]	Síla [N]	Prodloužení [mm]	Napětí σ_2 [MPa]	Pom. prodl. ε_r [%]
Příčný směr 0°	Průměr	701,44	1,71	18,21	17,13	840,50	1,93	20,06	19,34
	Směrodatná odchylka	12,92	0,36	0,18	3,62	21,76	0,25	0,46	2,51
	Variační koeficient	1,84	21,14	1,00	21,14	2,59	12,97	2,31	12,97
	Spodní mez	688,78	1,36	18,03	13,58	823,09	1,73	19,69	17,33
	Horní mez	714,10	2,06	18,39	20,68	857,91	2,13	20,43	21,35
Směr 45°	Průměr	705,00	1,49	17,90	14,89	-	-	-	-
	Směrodatná odchylka	5,65	0,41	0,64	4,08	-	-	-	-
	Variační koeficient	0,80	27,43	3,58	27,43	-	-	-	-
	Spodní mez	699,47	1,09	17,27	10,89	-	-	-	-
	Horní mez	710,53	1,89	18,53	18,89	-	-	-	-
Podélný směr 90°	Průměr	719,63	1,27	18,19	12,72	715,25	1,34	18,86	13,38
	Směrodatná odchylka	25,40	0,06	0,33	0,60	9,29	0,15	0,59	1,51
	Variační koeficient	3,53	4,70	1,79	4,70	1,30	11,30	3,13	11,30
	Spodní mez	694,74	1,21	17,87	12,13	707,82	1,22	18,39	12,17
	Horní mez	744,52	1,33	18,51	13,31	722,68	1,46	19,33	14,59