

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Konstruování strojů a technických zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza procesu přípravy PVB folie za účelem snížení výrobních ztrát

Autor: Jan Prokop
Vedoucí práce: Ing. Ivana Slámová Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan PROKOP**
Osobní číslo: **S22B0050P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**
Téma práce: **Zvýšení výtěžnosti PVB fólie v rámci procesu laminování čelních skel automobilů**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Popište problematiku laminování čelních skel automobilů a uveďte možnost snížení spotřeby PVB fólie.

Osnova práce:

1. Rešerše dané problematiky
2. Popis procesu přípravy PVB fólie a možné úspory
3. Řešení problému
4. Shrnutí a závěr

Konzultant bakalářské práce: Ing. Břetislav Prokop, Saint-Gobain Sekurit ČR spol.

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Kuraray Lamination guide 2019
- [2] Eastman Guide Introduction to Laminated Glass Interlayers, June 2019
- [3] Michael Tupý, Dagmar Měřínská, Věra Kašpárková *PVB Sheet Recycling and Degradation*, 16, March, 2012, InTech, ISBN 978-953-51-0327-1
- [4] The *GRANTA EduPack materials and proces selection platforms*, produkt firmy ANSYS/GRANTA, www.grantadesign.com/education/

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Slámová, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí této bakalářské práce Ing. Ivaně Slámové Ph.D. za rady a strávený čas a cenné poznámky. Dále bych rád poděkoval konzultantu Ing. Břetislav Prokopovi a Josefu Ungrovi za možnost častých odborných konzultací a jejich přínos k této práci. V neposlední řadě patří obrovské díky mé rodině, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Prokop	Jméno Jan	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Slámová	Jméno Ivana	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zvýšení výtěžnosti PVB fólie v rámci procesu laminování čelních skel automobilů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	47	TEXTOVÁ ČÁST	47	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce obsahuje rešerši výroby PVB folií pro čelní automobilová skla. Cílem práce bylo dosažení úspor úpravou nastavení stroje pomocí experimentu. Díky experimentu bylo možné dosáhnout materiálových a finančních úspor.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>strečovací stroj, PVB, folie, vyhřívání, laminace, experiment, měření, řešení problému, SK 381, Volvo 426</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Prokop	Name Jan	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Slámová	Name Ivana	
INSTITUTION	ZČU – FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Increasing the yield of PVB foil the process of laminating car windshields		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	47	TEXT PART	47	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis contains research into the production of PVB foils for car windshields. The aim of the work was to achieve savings by adjusting the machine settings using an experiment. Thanks to the experiment, it was possible to achieve material and financial savings.
KEY WORDS	stretching machine, PVB, foil, heating, lamination experiment, measurement, problem solving, SK 381, Volvo 426

Obsah

Přehled použitých zkratk, symbolů a veličin.....	4
Seznam obrázků	5
Seznam tabulek	5
Seznam tabulek	6
Abstrakt	7
Abstract	7
1 Rešerše dané problematiky.....	8
1.1 Úvod do výroby automobilových skel.....	8
1.1.1 Dělení skel automobilového průmyslu.....	8
1.1.1.1 Tvrzená skla	8
1.1.1.2 Bezpečnostní automobilová skla.....	8
1.2 Polyvinylbutyral (PVB).....	9
1.2.1 Výroba PVB	9
1.2.1.1 Syntéza polyvinylbutyralu kyseliny octové a acetylenu.....	9
1.2.1.2 Syntéza polyvinylbutyralu z butanalů a polyvinylacetátu	9
1.2.1.3 Syntéza polyvinylbutyralu z acetanhydridu	9
1.2.2 PVB folie.....	9
2 Popis procesu přípravy PVB folie a možné úspory.....	10
2.1.1 Nastavení strečovacího stroje.....	10
2.1.1.1 Vstup folie do stroje.....	11
2.1.1.2 Zásobník stroje.....	11
2.1.1.3 Vyhřev folie	11
2.1.1.4 Banánové válce	11
2.1.1.5 Kuželový válec.....	12
2.1.1.6 Chlazení folie	12
2.1.1.7 Dělení folie.....	12
2.2 Relaxace folie	12
2.3 Další zpracování fólie	12
2.3.1 Folie pro standartní skla	12
2.3.2 Folie pro lokálně vyhřívání skla	13
2.3.3 Kappa vrstva.....	14
2.3.4 Folie pro celoplošně vyhřívání skla.....	14
2.4 Laminace	15

2.4.1	Laminování vakuovací hadicí	16
2.4.2	Laminování vakuovacími vaky	16
2.4.3	Nip roll	17
2.5	Autokláv	18
2.6	Potřeby čistých prostor	18
2.6.1	Nároky na podmínky v místnosti	18
2.6.2	Nároky na pracovní podmínky	18
3	Řešení problému.....	18
3.1	Výběr možných řešení problému.....	18
3.1.1	Zadání úkolu.....	19
3.1.2	Hledání řešení.....	20
3.1.2.1	Větší tažení polotovaru folie za původního výhřevu	20
3.1.2.2	Větší výhřev polotovaru folie s původním tažením	20
3.1.2.3	Větší výhřev a menší rychlost tažení folie	20
3.1.3	Hodnocení	20
3.1.3.1	Větší tažení polotovaru folie za původního výhřevu	20
3.1.3.2	Větší výhřev polotovaru folie s původním tažením	20
3.1.3.3	Větší výhřev a menší rychlost tažení folie	21
3.1.4	Rozhodování.....	21
3.1.5	Dokončení	21
3.2	Princip řešení problému.....	21
	Předepsané rozměry polotovaru a využití plochy pro model SK 381	22
3.2.1	Rozměry předepsané pro model SK 381	22
3.2.2	Původní využití plochy folie SK 381 a její cena a hmotnost	22
3.3	Předepsané rozměry polotovaru a využití plochy pro model Volvo 426	23
3.3.1	Rozměry předepsané pro model Volvo 426.....	23
3.3.2	Původní využití plochy folie a její cena a hmotnost	23
3.3.3	Vzorek SK 381 původní nastavení stroje.....	24
3.3.4	Vzorek SK 381 nastavení stroje 1	25
3.3.5	Vzorek SK 381 nastavení stroje 2	26
3.3.6	Vzorek SK 381 aktuální nastavení stroje	27
3.3.7	Aktuální využití plochy folie SK 381	28
3.3.8	Vzorek Volvo 426 původní nastavení stroje.....	28
3.3.9	Vzorek Volvo 426 nastavení stroje 1	29
3.3.10	Vzorek Volvo 426 nastavení stroje 2	30

3.3.11	Vzorek Volvo 426 aktuální nastavení stroje	31
3.3.12	Aktuální využití plochy folie Volvo 426.....	32
3.4	Finanční zhodnocení změny nastavení stroje	33
3.4.1	Výsledky SK 381	33
3.4.2	Výsledky Volvo 426.....	33
3.5	Enviromentální dopady úspor.....	33
3.5.1	Dopady SK 381	33
3.5.2	Dopady Volvo 426	34
4	Shrnutí a závěr.....	35
	Seznam použitých zdrojů	36
	PŘÍLOHA č. 1	i
	PŘÍLOHA č. 2.....	ii
	PŘÍLOHA č. 3.....	iv
	PŘÍLOHA č. 4.....	v
	PŘÍLOHA č. 5.....	vi
	PŘÍLOHA č. 6.....	vii
	PŘÍLOHA č. 7.....	ix
	PŘÍLOHA č. 8.....	x

Přehled použitých zkratk, symbolů a veličin

PVB	Polyvinylbutyral
GPS	Global positioning system (globální polohovací systém)
IR	Infrared radiation (infračervené záření)
HUD	Head up display (funkce promítání parametrů jedoucího auta na čelní sklo)

Jednotka	Definice
Kč	koruna česká
°C	stupeň Celsia
m	metr
kg	kilogram
%	procento

Seznam obrázků

Obrázek 1	Strukturní vzorec PVB [5]	9
Obrázek 2	Schéma cesty folie [7]	10
Obrázek 3	Schéma strečovacího stroje.....	10
Obrázek 4	Ilustrační foto banánového válce [8]	11
Obrázek 6	Schéma folie pro lokálně vyhřívané sklo s výhřevem prostoru kamery a stěračů..	13
Obrázek 5	Stroj sloužící k ořezu folie po relaxaci "Plotr"	13
Obrázek 7	Schéma folie pro lokálně vyhřívané sklo v oblasti stěračů a přípravou na připojení celoplošného vyhřívání pokovením skla	14
Obrázek 8	Schéma celoplošně vyhřívané folie	14
Obrázek 9	Stroj sloužící k nanášení drátků	15
Obrázek 10	Foto stroje využívající vakuovací hadice (po obvodu skla)	16
Obrázek 11	Stroj využívající vakuovacích vaků k laminaci	17
Obrázek 12	Stroj pro proce Nip roll.....	17
Obrázek 13	Schéma řešení problému [9]	19
Obrázek 14	Schéma využití plochy polotovaru	22

Seznam tabulek

Tabulka 1	Vstupní hodnoty SK 381, původní nastavení stroje.....	24
Tabulka 2	Výstupní hodnoty SK 381, původní nastavení stroje.....	24
Tabulka 3	Vstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 1	25
Tabulka 4	Výstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 1	25
Tabulka 5	Vstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 2	26
Tabulka 6	Výstupní hodnoty SK381, nastavení stroje 2	26
Tabulka 7	Vstupní hodnoty SK 381, aktuální nastavení stroje	27
Tabulka 8	Výstupní hodnoty SK 381, aktuální nastavení stroje	27
Tabulka 9	Vstupní hodnoty Volvo 426, původní nastavení stroje.....	28
Tabulka 10	Výstupní hodnoty Volvo 426, původní nastavení stroje.....	29
Tabulka 11	Vstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 1	29
Tabulka 12	Výstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 1	30
Tabulka 13	Vstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 2	30
Tabulka 14	Výstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 2	31
Tabulka 15	Vstupní hodnoty Volvo 426, aktuální nastavení stroje	31
Tabulka 16	Výstupní hodnoty Volvo 426, aktuální nastavení stroje	32

Seznam tabulek

Graf 1 Trend tloušťky SK 381, původní nastavení stroje	i
Graf 2 Trend rozměru 1 SK 381, původní nastavení stroje	i
Graf 3 Trend rozměru 2 SK 381, původní nastavení stroje	i
Graf 4 Trend rozměru 3 SK 381, původní nastavení stroje	ii
Graf 5 Trend tloušťky SK 381, nastavení stroje 1	ii
Graf 6 Trend rozměru 1 SK 381, nastavení stroje 1	ii
Graf 7 Trend rozměru 2 SK 381, nastavení stroje 1	iii
Graf 8 Trend rozměru 3 SK 381, nastavení stroje 1	iii
Graf 9 Trend tloušťky SK 381, nastavení stroje 2	iii
Graf 10 Trend rozměru 1 SK 381, nastavení stroje 2	iv
Graf 11 Trend rozměru 2 SK 381, nastavení stroje 2	iv
Graf 12 Trend rozměru 3 SK 381, nastavení stroje 2	iv
Graf 13 Trend tloušťky SK 381, aktuální nastavení stroje	v
Graf 14 Trend rozměru 1 SK 381, aktuální nastavení stroje	v
Graf 15 Trend rozměru 2 SK 381, aktuální nastavení stroje	v
Graf 16 Trend rozměru 3 SK 381, aktuální nastavení stroje	vi
Graf 17 Trend tloušťky Volvo 426, původní nastavení stroje	vi
Graf 18 Trend rozměru 1 Volvo 426, původní nastavení stroje	vi
Graf 19 Trend rozměru 2 Volvo 426, původní nastavení stroje	vii
Graf 20 Trend rozměru 3 Volvo 426, původní nastavení stroje	vii
Graf 21 Trend tloušťky Volvo 426, nastavení stroje 1	vii
Graf 22 Trend rozměru 1 Volvo 426, nastavení stroje 1	viii
Graf 23 Trend rozměru 2 Volvo 426, nastavení stroje 1	viii
Graf 24 Trend rozměru 3 Volvo 426, nastavení stroje 1	viii
Graf 25 Trend tloušťky Volvo 426, nastavení stroje 2	ix
Graf 26 Trend rozměru 1 Volvo 426, nastavení stroje 2	ix
Graf 27 Trend tloušťky 2 Volvo 426, nastavení stroje 2	ix
Graf 28 Trend rozměru 3 Volvo 426, nastavení stroje 2	x
Graf 29 Trend tloušťky Volvo 426, aktuální nastavení stroje	x
Graf 30 Trend rozměru 1 Volvo 426, aktuální nastavení stroje	x
Graf 31 Trend rozměru 2 Volvo 426, aktuální nastavení stroje	xi
Graf 32 Trend rozměru 3 Volvo 426, aktuální nastavení stroje	xi

Abstrakt

Tato práce zabývá analýzou přípravy PVB folie určené pro čelní automobilová skla za účelem snížení výrobních ztrát. Byla členěna do třech hlavních částí. První část řeší obecnou rešerši výroby automobilových skel. V druhé části je seznámení s přípravou PVB pro její využití v automobilovém skle. Třetí část řeší danou problematiku snižování výrobních ztrát. Pro tuto práci byl vybrán model SK 381 s dodavatelem polotovaru pro přípravu folie Sekisui a dalším modelem bylo Volvo 426 s dodavatelem polotovaru pro přípravu folie Kuraray. V rámci analýzy přípravy PVB folie byl analyzován potenciál zlepšení procesu tvarování polotovaru folie pro oba modely. Za pomoci experimentu, při kterém bylo změněno nastavení stroje byly měřeny vzorky a porovnány jejich hodnoty tvarové paměti. Nejmenší smrštění vykazovaly vzorky nastavení s největším možným navýšením teploty a s menším tažením na stroji. Následně byla provedena úprava stroje tak, aby docházelo k rovnoměrnějšímu smrštění folie a následně byla tato metoda aplikována ve výrobě.

Závěrem bylo vyhodnoceno snížení uhlíkové stopy a finanční náročnosti jedné folie pro každý model a zvýšení průměrné výtěžnosti pro polotovary od jednotlivých dodavatelů.

Abstract

This bachelor's thesis deals with the analysis of the preparation of PVB foil intended for car windshields in order to reduce production losses. This thesis is divided into three main parts. The first part deals with a general survey of the production of automotive glass. In the second part, there is an introduction to the preparation of PVB for its use in automotive glass. The third part deals with the issue of reducing production losses. For this work has been chosen the SK 381 with the foil preparation supplier Sekisui and the other model has been chosen the Volvo 426 with the foil preparation supplier Kuraray. As part of the analysis of the preparation of the PVB film, the potential for improving the process of shaping the film blank was analyzed for both models. With the help of an experiment in which the machine settings were changed, the samples were measured and their shape memory values were compared. The smallest shrinkage was shown by the samples set with the largest possible increase in temperature and with less pulling on the machine. Subsequently, the machine was modified so that the film shrinks more evenly, and this method was subsequently applied in production.

In conclusion, the reduction of the carbon footprint and the financial burden of one foil for each model and the increase of the average yield for semi-finished products from individual suppliers were evaluated.

1 Rešerše dané problematiky

Pro pochopení problému bylo nutné zjistit si základní informace o výrobě automobilových skel, aby bylo možné správně pochopit problematiku zadání práce. Rešerše problému probíhala skrze interní informace pracovníků firmy Saint-Gobain Sekurit a externího zdroje jakožto internetu. Problematika zvýšení výtěžnosti je obsáhlá a tato práce obsahuje pouze nutné informace související s touto prací.

1.1 Úvod do výroby automobilových skel

Skla, která se obecně vyskytují v automobilovém průmyslu, se dělí na skla bezpečnostní a skla tvrzená. Liší se mezi sebou jak zpracováním, tak i fyzikálními vlastnostmi.

V bakalářské práci jsou rozebrány úpravy PVB folie a operace s ní spojené. Práce je koncipována jako hledání možného snížení odpadu folie pro bezpečnostní čelní automobilová skla.

Cílem práce je snaha o maximální využití folie, a tak řešit ekonomické i enviromentální dopady na výrobu čelních automobilových skel.

1.1.1 Dělení skel automobilového průmyslu

V této kapitole bude probrán rozdíl mezi tvrzenými skly a skly s bezpečnostními prvky, které jsou využity pro čelní skla v automobilovém průmyslu.

1.1.1.1 Tvrzená skla

Tvrzená skla se skládají pouze ze skelného materiálu. Tvrzení probíhá procesem zvaným „kalení“. Skelná tabule se ohřeje na teplotu převyšující 600 °C, je vytvarována do potřebného tvaru a poté prudce ochlazena vysokotlakým vzduchem. Vzhledem k rychlosti procesu se povrch skla zchladí, ale v jeho vnitřní část zůstává ještě teplá. Důsledkem je tvorba napětí ve skle a pevnosti skla. Vytvrzování skel je možné provést i chemickou cestou, ta však je finančně náročnější. Tvrzení chemickou cestou lze provést pro skla s tloušťkou 0,5 až 3 mm. Sklo je ponořeno do lázně s dusičnanem draselným za teploty 300 °C, přičemž ionty vodíku jsou nahrazeny ionty draslíku. Draselné ionty jsou větší než ionty sodíku, a tak způsobují velké pnutí. Ovlivněná vrstva je tak mnohem odolnější. Na vytvrzená skla lze narazit ve výlohách, či bočních sklech aut, kde se stává prioritou pevnost skla před jeho bezpečností. Po překročení meze pevnosti se díky vysokému vnitřnímu napětí sklo rozpadne na střepy přibližně o velikosti 5x5mm bez ostré hrany. Velikost střepů je ovlivněna velikostí napětí ve skle.

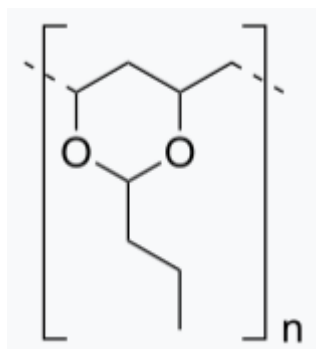
1.1.1.2 Bezpečnostní automobilová skla

Bezpečnostní skla se skládají obecně ze tří vrstev. Vnější část skla tvoří vždy čistě skleněná část, vnitřní část je tvořena folií PVB, dále následuje další část tvořená sklem jako takovým. Toto sklo má řádově nižší napětí než sklo kalené. Kombinace skel pro současné čelní automobilová skla je většinou tvořena skly o tloušťce 2,1 a 1,6 mm. Sklo může být bílé, zelené, modré, bronzové případně pokovené kovovou vrstvou stříbra, která zajišťuje odrazivost slunečního záření. Nejtenčí čelní skla jsou tvořena kombinací 1,4 a 1,1 mm. Tyto tři vrstvy drží pohromadě jako celek, díky procesu zvaném „Laminace“. Proces využívá nižší teploty tání folie ve srovnání s vrstvou skel. Nahřátím celku, odsátím vzduchu a následným ochlazením dojde k trvalému spojení všech tří vrstev. Spoj využívá adhezi PVB folie. Výsledkem je celek využívající specifických vlastností každé vrstvy, a to především po stránkách fyzikálních jako např.: pružnost, pevnost, vlhkost, ale také specifikacích zákazníka jako je třeba výhřev, nebo

promítání hodnot palubního počítače na sklo. Bezpečnostní skla jsou testována destruktivními i nedestruktivními zkouškami.

1.2 Polyvinylbutyral (PVB)

Polyvinylbutyral, zde využívána zkratka PVB, je uměle vyrobená pryskyřice s chemickým vzorcem $(C_8H_{14}O_2)_n$. Byla vytvořena v roce 1927 kanadskými chemiky Howard W. Mathenssonem a Frederickem W. Skirrowem. V automobilovém průmyslu se využívá především jako „pojivo“ skelných částí předního čelního automobilového okna, a to především z důvodu stálosti vlastností jako je například: houževnatost, flexibilita, přilnavost na cizí povrchy. Vyrábí se z polyvinylalkoholu reakcí s butyraldehydem. Ačkoliv spousta odvětví průmyslu tuto surovinu využívá, tak jen malý počet společností ji vyrábí. Mezi hlavní výrobce firmy Sekisui, Kuraray, Chang Chung Petrochemicals Co.



Obrázek 1 Strukturální vzorec PVB [5]

1.2.1 Výroba PVB

Výroba polyvinylbutyralu lze provést třemi způsoby syntézy. Způsob výroby je ovlivněn ekonomickým faktorem, který souvisí s vedlejšími produkty syntézy a jejich dalším využitím.

1.2.1.1 Syntéza polyvinylbutyralu kyseliny octové a acetylenu

Tento způsob syntézy dělí na 4 části. První část využívá reakce kyseliny octové s acetylenem v prostředí kyseliny sírové a síranu rtuťnatého. Poté následuje druhá část, a to je polymerizace vinylacetátu na polyvinylacetát. Ve třetí části je vzniklý PVA reaguje s butanalem acetylací, přičemž dochází k tvorbě poloacetalu a polyvinylbutyralu. Další reakce vytvoří vodu, acetal a je dokončena syntéza PVB. [6]

1.2.1.2 Syntéza polyvinylbutyralu z butanalu a polyvinylacetátu

Syntéza probíhá z polyvinylacetátu v přítomnosti butanalu v prostředí kyseliny chlorovodíkové nebo sírové. [6]

1.2.1.3 Syntéza polyvinylbutyralu z acetanhydridu

Výroba probíhá a stejně jako u předešlých způsobů, avšak k získání polyvinylacetátu dochází zánikem násobných vazeb acetanhydridu. [6]

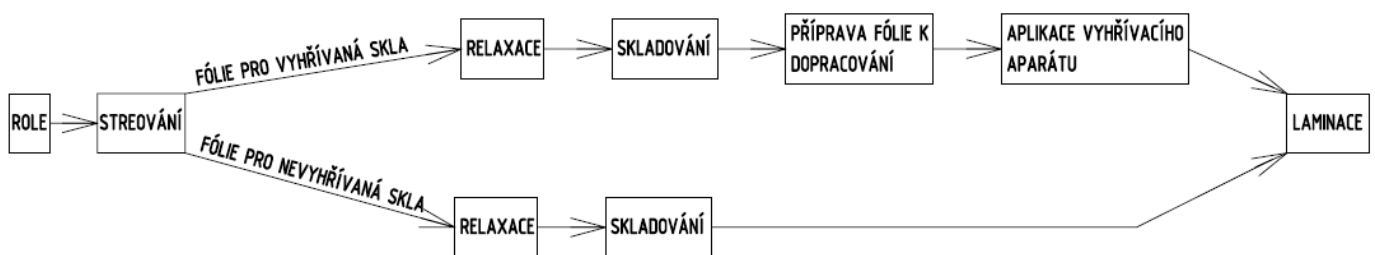
1.2.2 PVB folie

PVB folie plní funkci pojidla vnitřního a vnějšího skla. Proces výroby je mnohem komplikovanější a zde bude popsán jen obecně. Folie mohou mít různé specifikační funkce a zaměření např.: protihluková, pohlcující sluneční záření, klínovitá folie s HUD displejem,

částečně nebo plně probarvená, či vyhřívána folie. Protihluková folie disponuje ještě protihlukovou vrstvou uprostřed PVB folie. Folie pohlcující sluneční záření obsahuje částice pohlcující IR záření. Klínová folie s HUD displejem je vhodná k promítání provozních informací jako jsou rychlost nebo údaje z GPS. Klínovitost fólie redukuje deformaci obrazu, která u normální fólie vzniká dvojitým odrazem od vnitřního i vnějšího skla. Vyhřívána folie disponuje drátky, které pomocí odporového tepla plynule prohřívají plochu bezpečnostního skla. Design vyhřívání ovlivňuje rychlost i plochu ohřevu a dělí se na lokální nebo celoplošný výhřev. PVB lze recyklovat a tím snížit výslednou uhlíkovou stopu. Recyklace probíhá podobně jako samostatná výroba PVB. [3]

2 Popis procesu přípravy PVB folie a možné úspory

Proces úpravy PVB folie probíhá v tzv. „čistých prostorech“. Okolní podmínky přímo ovlivňují stav folie. Je udržována stálá teplota, cirkulace vzduchu s filtrací malých částic a vlhkost vzduchu. PVB folie je upravována dle specifikace zákazníka. PVB Folie jsou základně děleny na folie pro okamžitou laminaci a folie s další úpravou, např.: výhřev. Polotovarem PVB folie je role, která se odvíjením na strečovací stroji tvaruje. Následuje relaxace, pokud je folie nevyhřívána, tak následuje laminace, pokud jde o vyhřívanou folii, tak před konečným ořezem je proces nanášení vyhřívajícího aparátu, poté laminace.



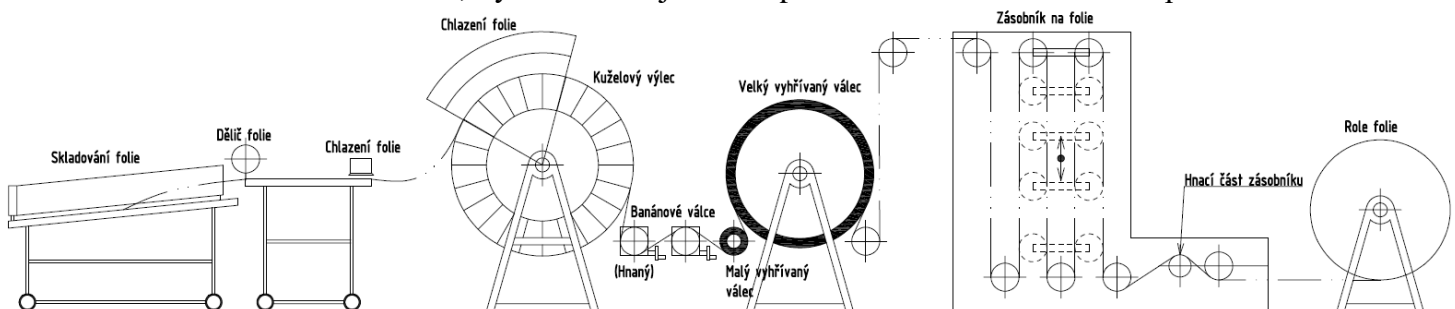
Obrázek 2 Schéma cesty folie [7]

Strečování folie a první dělení polotovarů

Název procesu strečování pochází z anglického slova „stretch“, to ve volném překladu znamená tažení, či natažení. Správným výrazem pro úpravu PVB folie však je anglický název „shape“, který zahrnuje tvarování folie nejen do délkových rozměrů, ale i do zakřivení. Proces probíhá na „strečovací stroji“ za změn teplot, rychlostí odvíjené role.

2.1.1 Nastavení strečovacího stroje

Nastavení strečovacího stroje probíhá odlišně v závislosti na požadovaném druhu výstupu polotovaru PVB folie. Pro každou folii je důležité nastavit ohřev, tažení na banánovém válci, tažení na kuželovém válci, rychlost odvíjení a teplotu chlazení. Ohřev folie probíhá na



Obrázek 3 Schéma strečovacího stroje

výchřevném válci a ovlivňuje její následnou elasticitu při procesu. Banánové válce ovlivňují natažení folie jako takové a pozici nájezdu folie na kuželové válce. Válce kuželové ovlivňují kónické zakřivení výsledné folie. Chlazení ovlivňuje následné zmenšení folie při relaxaci. Rychlost tažení ovlivňuje tloušťku folie, avšak na výsledné tloušťce se podílí i výše zmíněné nastavení stroje. [7]

2.1.1.1 Vstup folie do stroje

Vstup folie do stroje je uskutečňován pomocí přípravku na upnutí role s folií. Přípravek je opatřen brzdou, která je schopná regulovat napnutí fólie během odvíjení z role. Přípravek obsahuje dvě místa pro upnutí role, aby při výměně role nedocházelo k zastavení procesu strečování. Role jsou uskladňovány za teplot nižších než 10°C.

2.1.1.2 Zásobník stroje

Zásobník se využívá při výměně role, tak aby proces strečování nebyl zastaven. Strečování je nezastavitelný proces, pokud právě probíhá výroba jednoho typu folie. Dochází i případům, kdy se stroj nezastavuje, pokud je nastavení navazujícího typu folie je podobné. Odvíjení role je zastaveno a stroj pracuje s folií která uložena v zásobníku, role na vstupu je zastavena a vyměněna. Následně je nová role napojena na zastavenou část folie na vstupu do zásobníku. Napojení rolí probíhá nanesením alkoholu na styčnou plochu folií nebo natavením jedné folie na druhou. Poté jsou zvýšeny otáčky, aby byly doplněny kapacity zásobníku a rozdíl rychlostí folie ve stroji se vyrovná. Zásobník je na konci opatřen oknem pro protažení folie. Pokud obsluha zjistí, že dojde k zastavení, tak v okně přerízne folii a zastavení odvíjení v zásobníku a stroj dokončí proces se zbytkem folie. Na folii v zásobníku lze dále napojit zaváděcí pás dělaný pro další protažení strojem. Pás je protáhnut strojem a stroj je spuštěn. Po doodvíjení pásu může pokračovat výrobní proces dále.

2.1.1.3 Výchřev folie

Výchřev probíhá na ohřívacím válci, který je vytápěn olejem. Teploty oleje se pohybují okolo 120°C. Výchřev je důležitý pro výslednou plasticitu a tažnost folie při procesu. Pokud by došlo k překročení teploty pro úpravu folie, mohlo by dojít k spečení folie, její poškození, přetržení či nedokonalnému chlazení při dělení polotovaru. Nízká teplota výchřevu může způsobit zvýšené vnitřní pnutí folie. Teplotní úprava folie však není nutností a je dána technologií výroby folie a přináší úsporu materiálu. Teplota výchřevu souvisí s tažením. Pokud je vyšší výchřev není potřeba navyšovat hodnot tažení na válcích.

2.1.1.4 Banánové válce

Banánové válce mají za úkol rovnoměrnou distribuci fólie na kuželový válec. Tvarem připomínají prohnutý válec viz. Obrázek. Povrch válce je pokryt pryžovou nebo teflonovou folií, která poskytuje dostatečné antistatické a antiabrazivní vlastnosti. Rychlost odvíjení PVB fólie z role se pohybuje okolo 6-8 m/min. Průhyb válce se při výrobě standardně nemění pouze jeho rychlost. Folie přichází do styku s banánovými válci už v zahřátém stavu, aby došlo



Obrázek 4 Ilustrační foto banánového válce [8]

k maximálnímu možnému natažení folie. Ve stroji je použit banánový válec hnaný i nehnaný. Hnaný banánový válec se využívá k natažení a prvnímu tvarování fólie, kdy je rozdílná rychlost na ohřívacím válci a vyšší rychlost na banánovém válci. Tažení na banánovém válci se vyjadřuje při nastavení na stroji v procentech, která odpovídají rozdílu rychlostí.

2.1.1.5 Kuželový válec

Úkolem kuželového válce je vytvořit kónické zakřivení. Kuželový válec umožňuje změnit vlastní sklon při odvíjení. Radius zakřivení se pohybuje od 2500 do ∞ mm. Zároveň zde opět dochází k natažení folie vlivem rozdílné rychlosti mezi banánovým a kuželovým válcem. Toto tažení se opět vyjadřuje při nastavení stroje v procentech. Současně na zadní části kuželového válce dochází k chlazení folie, tak aby měla folie při dělení teplotu svého okolí.

2.1.1.6 Chlazení folie

Chlazení folie probíhá ihned po ohřátí a natažení folie. Ve stroji plní funkci zmenšení tvarové paměti folie. Dalším důvodem, proč ke chlazení folie dochází je zajištění správného stavu folie pro její následné dělení na výsledný polotovár. Pokud by nedošlo k dostatečnému ochlazení folie může dojít k poškození folie během řezání v důsledky značného zvlnění materiálu. Chlazení probíhá ofukem studeného vzduchu a kontaktním chlazením stolu. Teplota fólie během dělení by měla být nižší než 13 °C.

2.1.1.7 Dělení folie

Dělení folie probíhá až na konci stroje a procesu. Probíhá pomocí břitvy navinuté ve šroubovici na válci. Stoupání šroubovice je asi 1 otáčka na 3 m. Dělicí válec má délku 1,4 m. Navinutí břitvy ve šroubovici je voleno z důvodu dělení folie kolmo na radius folie, fólie se řeže bez zastavení linky. Operace dělení folie určuje celkovou velikost folie a úhly sklonu její boků.

2.2 Relaxace folie

Vstupem před procesem relaxace folie je výchozí produkt strečovacího stroje. Je jím folie dělená s potřebným rozměrem, tloušťkou, zbarvením a vlhkostí. Folie jsou po 100 až 200 kusech na sebe naskladněny a obaleny do speciálních PE folií a uzavřeny tak, aby k nim byl zamezen přístup možných nečistot a vlhkostí. Následně se zabalené strečované folie ponechávají ve stojanu za kontrolovaných teplotních podmínek, které se pro folie pohybují 19+-1 °. Je rozdíl pro dobu relaxace mez i vyhříványými a nevyhříványými foliemi. Nevyhřívané folie se ponechávají relaxovat min. 8 hodin, zatímco vyhřívaná potřebují min. 72 hodin. Často se však doba relaxace prodlužuje o skladování, to by nemělo být delší než 30 dní. Proces má za následek smrštění fólie ve směru natažení na strečovacím stroji a její růst do výšky a tloušťky. Změna velikosti se pohybuje v rádech 2 až 7 % z předešlého rozměru.

2.3 Další zpracování fólie

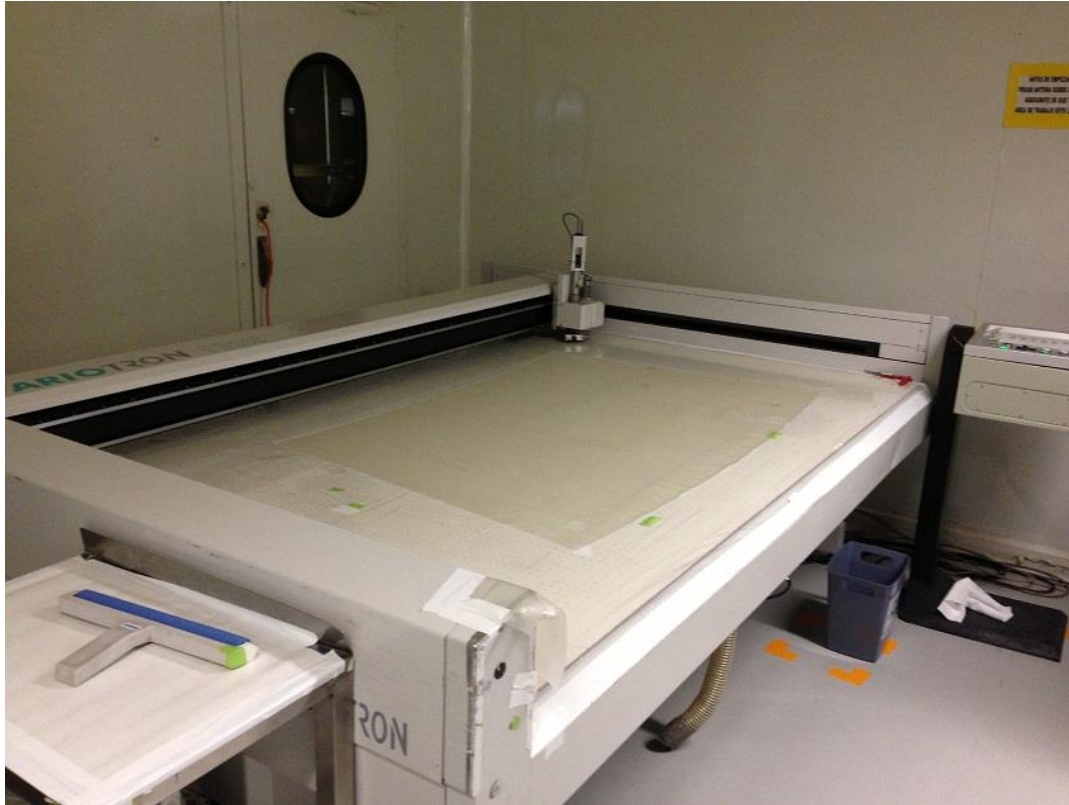
Po relaxaci a skladování putuje folie na ořez pro dopracování. To se dělí na fólii pro vyhřívání nebo nevyhřívání skla.

2.3.1 Folie pro standardní skla

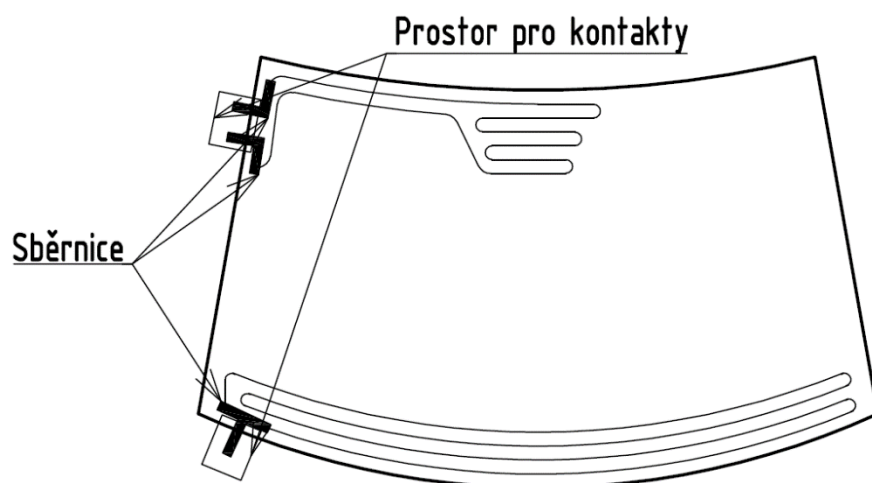
Pro standardní skla je fólie určena pro přímé vložení do skla při laminaci. Doba relaxace i velikost folie je oproti foliím pro vyhřívání skla menší.

2.3.2 Folie pro lokálně vyhřívání skla

Folie lokálně vyhříváných skel putují po procesu relaxace na stroj na ořez a nanesení vyhřívacího drátu. Drát je nanášen jen lokálně. Dále jsou folie opatřeny kontakty pro napájení a sběrníci proudu. Následně je folie řádně očištěna a zkontrolována dle kvality.



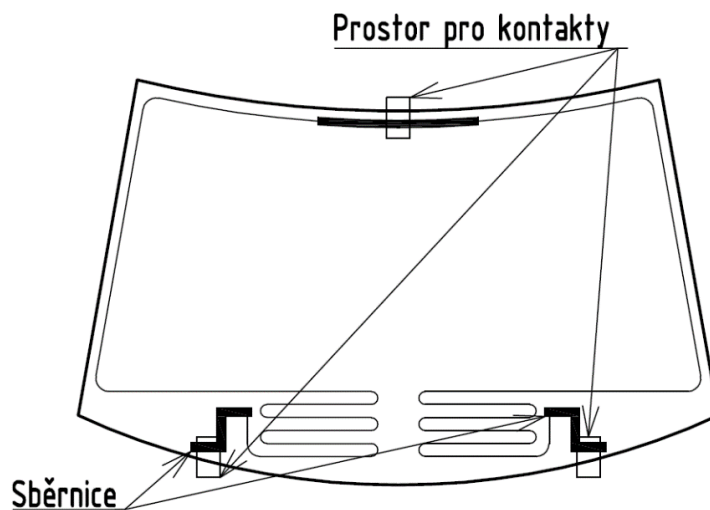
Obrázek 6 Stroj sloužící k ořezu folie po relaxaci "Plotr"



Obrázek 5 Schéma folie pro lokálně vyhřívání sklo s výhřevem prostoru kamery a stěračů

2.3.3 Kappa vrstva

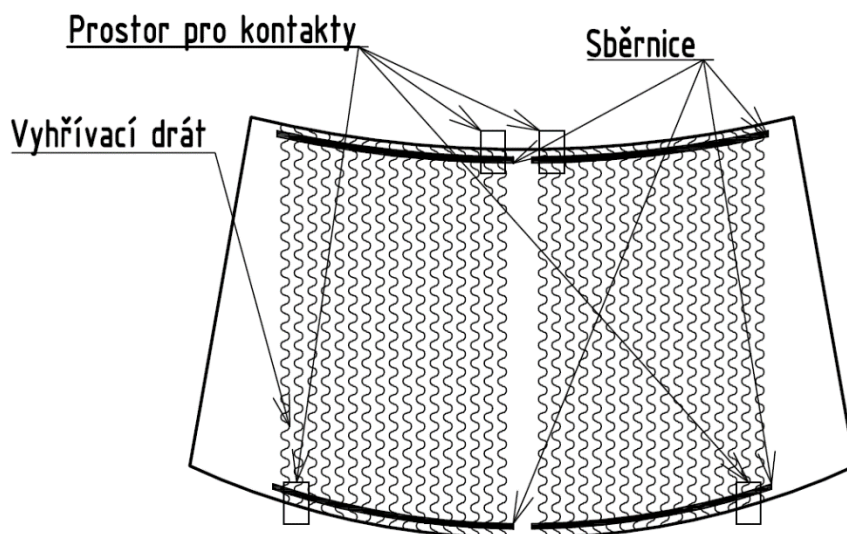
Kappa vrstva se používá pro vyhřev skla bez použití vyhřívacích drátů. Vyhřev probíhá přes kontakty a sběrnici. Proud je veden přes pokovení jedné ze skelných tabulí, které je v kontaktu s folií. Pokovení se provádí prvky stříbra a india.



Obrázek 7 Schéma folie pro lokálně vyhřívání skla v oblasti stěračů a přípravou na připojení celoplošného vyhřívání pokovením skla

2.3.4 Folie pro celoplošně vyhřívání skla

Folie pro celoplošně vyhřívání skla se ořezávají s větším přídavkem na motorové i stropní části folie na strečovací stroji. Jedná se o technologický přídavek. Po ukončení procesu relaxace následuje aplikace první vrstvy sběrnice, která je nanášena za zvýšeného tepla a tlaku na folii. Sběrnice je nanášena strojově pomocí vyhříváných válečků z motorové a stropní strany. Je možné aplikovat sběrnici i po bočních stranách folie, avšak tato možnost se nevyskytuje příliš často a záleží na potřebných specifikacích konečného produktu. Teplota válečků je cca 150 °C a slouží k připevnění sběrnice na fólii. Nejedná se o letování, ale využívá se bodu tání fólie. Následně je folie položena na bubny, kde jsou folie připevněny podtlakem. Za pomoci tlaku a teploty jsou drátky rovnoměrně nanášeny aplikační hlavou na bubnovém stroji. Drátky jsou



Obrázek 8 Schéma celoplošně vyhřívání folie

tvořené Wolframem, jejich průměr je 0,018 až 0,029 *mm* a jsou nanášeny tak, aby tvarem sinusoidy s výchylkou 1 *mm* spojovala motorovou se stropní stranou folie.

Následně jsou folie naskladněny a jsou posílány na ruční úpravu. Ta nejprve spočívá v nanesení elektrických konektorů a další vrstvy sběrnice na tu strojově položenou, tak aby bezpečně držely na folii a svíraly pevně wolframové drátky. Aplikace probíhá ručním pájením nebo roboticky. Pro sběrnici složené z mědi a pokovené slitinou cínu a olova se teplota nanášení pohybuje mezi 350-380 °C, pokud je nanášená sběrnice tvořená mědí a pokovená slitinou cínu a stříbra, tak se teplota pohybuje mezi 400-450 °C. Teplota se také mění dle potřebné šířky sběrnice, která se pohybuje od 3 do 12 *mm* dle modelu folie. Pomocí žiletek je nutné oříznout přebytečnou sběrnici. Odporovým nožem je nutné oddělit přebytečné drátky podél sběrnice. Poté se odstraní předřezaná část folie po motorové a stropní straně a finální produkt se vyčistí speciálním válečkem pro odstranění nečistot. Případné nečistoty se hodnotí dle specifikací zákazníka.

Po skončení ručních operací se folie naskladní a zabalí pomocí igelitů tak, aby byly zaručena vzduchotěsnost zabalených folií. Robustnost balení se mění dle vzdálenosti transportu balíku. Balík může putovat dále na stanoviště laminace, nebo může být zaslán na jinou pobočku společnosti.



Obrázek 9 Stroj sloužící k nanášení drátků

2.4 Laminace

Laminace je proces, při kterém dochází ke spojení vnitřní a vnější skelné části k PVB folii. Proces je prováděn, až když jsou všechny tři části dokončeny. Je možné jej uskutečnit třemi různými způsoby. Úkolem laminace je spojení skla a PVB a odstranění vzduchu z mezivrstvy.

2.4.1 Laminování vakuovacích hadic

Laminování začíná přiložením vnitřní a vnější skelné části na PVB folii ve správném pořadí. Následuje ruční nasazení EPDM hadice po obvodu budoucího bezpečnostního skla. Vývod hadic se se připojí na zdroj vakua tím je odsáván vzduch z meziprostoru. Při odsávání vzduchu prochází zkompletovaná skla vakuovací linkou se třemi důležitými fázemi. Nevyhřívána skla prochází asi 25 minut sekcí s pokojovou teplotou (asi 23 °C), dále následuje úsek trvající 25 minut ve kterém se sklo ohřeje na 95 °C, přičemž teplota musí být rovnoměrně distribuována v celé ploše skla, posledním úsekem je chlazení, které trvá 5 minut a teplota skla na jeho konci má být nižší než 70 °C. Pro vyhřívána skla je první sekce při pokojové teplotě 30 minut dlouhá, dále následuje 25 minut při teplotách 115 °C, chlazení skla trvá 5 minut, teplota má být stejně jako pro nevyhřívána skla nižší než 70 °C. Na konci procesu se hadice z obvodu skla sundají a sklo se ukládá do autoklávového stojanu. Hadice se opět využijí pro další skla. Tato metoda je vhodná i pro velmi komplikovaná skla, nevýhodou je vyšší podíl ruční práce.



Obrázek 10 Foto stroje využívající vakuovací hadice (po obvodu skla)

2.4.2 Laminování vakuovacími vaky

Laminování vakuovacími vaky probíhá tak, že zkompletovaná vnitřní a vnější skla s PVB folií jsou vložena do pryžových vaků. Vstupní otvor vaku se uzavře a vývěvou je z prostoru vaku odsán vzduch a tím z laminovaného skla. Vak poté prochází třemi sekcemi. Doba strávená vaku v sekci se odvíjí od toho zdali se jedná o vyhřívané či nevyhřívané sklo. První sekcí je „studená sekce“ kde se pouze odsává vzduch a trvá od 10 do 15 minut. Druhou sekcí je ohřev skla na teplotu 95 °C pro nevyhřívána a 105 °C pro vyhřívána skla, tato část trvá mezi 25–35 minutami. Třetí sekcí je chlazení, která trvá okolo 10 minut a sklo musí být schlazeno pod 70 °C. Po

dokončení procesu je sklo z vaku vyjmuta a uloženo na autoklávový stojan. Výhodou této technologie je její zautomatizování, nevýhodou vysoká spotřeba elektrické energie.



Obrázek 11 Stroj využívající vakuovacích vaků k laminaci

2.4.3 Nip roll

Nip roll je proces laminace, který nevyužívá přímé odsávání vzduchu. Princip laminace je založen na vytlačení vzduchu meziprostoru vložení zkompletovaného skla za zvýšených teplot mezi pryžové válce. Laminace je rozdělena na dva úseky. V prvním úseku je teplota celku skla 55 °C, kdy sklo projíždí skrze segmentované válce s přítlačným tlakem 3 Bary. Druhý úsek je téměř identický až na změnu teploty skla. Teplota se pohybuje okolo 90 °C. Proces je velmi rychlý, plně automatizovaný ale lze použít pouze pro skla s jednodušší geometrií a bez vyhřívání.



Obrázek 12 Stroj pro proces Nip roll

2.5 Autokláv

Proces „Autoclave“ nebo také počestně Autokláv je proces spečení laminovaného skla. Úprava skla probíhá ve velké uzavřené nádrži za změny tlaku a teplot. Úkolem autoklávu je úplné zprůhlednění skla a „vstřebání“ zbytkového vzduchu ve skle do PVB folie. Proces probíhá ve čtyřech fázích. Ohřev na teplotu 130–150 °C a aplikace tlaku mezi 9-13 Bar, výdrž při dané teplotě a tlaku, následném ochlazení na teplotu 45 °C a poté vypuštěním tlaku. Hodnoty tlaků a teplot v čase jsou zobrazeny i v pracovním grafu.

2.6 Potřeby čistých prostor

Manipulace a úpravy probíhající v čistých prostorech si vyžadují speciální podmínky. Vyšší nároky jsou kladeny na teplotu, vlhkost a pracovní čistotu. Standardem je třída čistoty ISO 7.

2.6.1 Nároky na podmínky v místnosti

Pro uchovávání a práci s foliemi je nutné dodržet čistotu prostorů, a to především z důvodů zamezení kontaminace plochy folie. Z tohoto důvodu dochází k úklidu každého pracoviště vytíráním podlahy, instalací dekontaminačních rohoží, vzduchotechniky s HEPA filtry a dalšími opatřeními. Další důležitou potřebou pro uchování správných podmínek je udržet stálou teplotu v místnosti, která by se pro práci s fólií měla pohybovat v rozmezí 18 stupňů. Pro skladování dopracované fólie je doporučena teplota 13 °C. Toto skladování je prováděno v automatických zakladačích. Vlhkost vzduchu je doporučena v rozmezí 24-30 %. Toto rozmezí zajišťuje stálý obsah vlhkosti ve fólii.

2.6.2 Nároky na pracovní podmínky

Pro pohyb v čistých prostorech musí pracovníci používat speciální pracovní úbor. Úbor je tvořen bílými botami s ocelovou špičkou, bílou kombinézou a kuklou z antistatických materiálů. Pod kombinézou pak nosí pracovníci bílé pracovní kalhoty a přilnavý svršek. Bílé zbarvení úboru souvisí s nároky na udržení čistoty prostoru, protože na nich více vynikne případné znečištění.

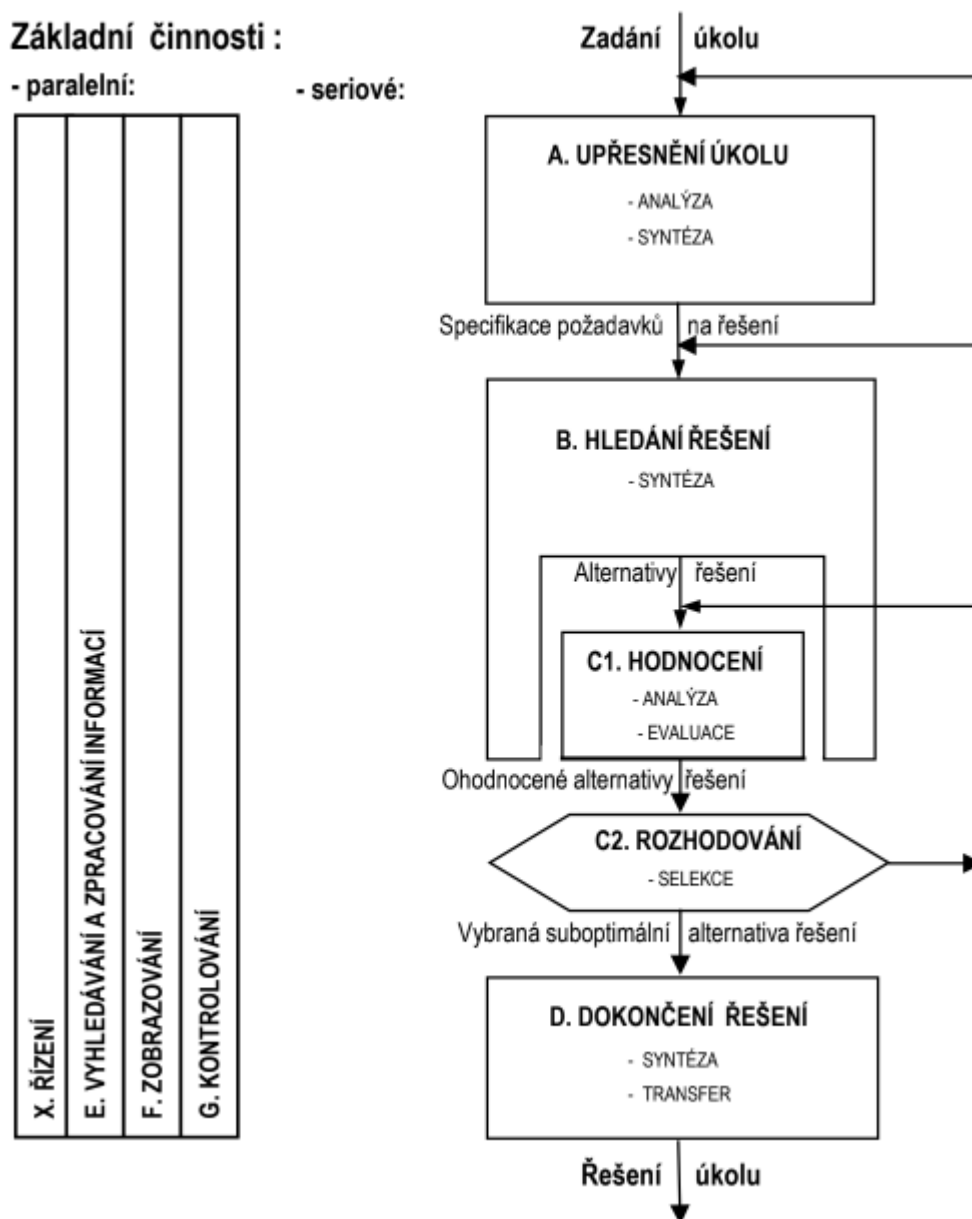
3 Řešení problému

Cílem práce je maximální využití plochy fólie. Mezi možnosti maximálního využití geometrické plochy se nabízely všechny technologické operace, které souvisí s úpravou folie jako například: relaxace, ořez a strečování. Nastavení procesu relaxace již bylo optimalizováno vzhledem k technologickým potřebám. Nastavení velikosti ořezu fólie souvisí s nastavením strečování. Poslední možnost hledání úspor je úprava procesu strečování. Po konzultaci s obsluhou strečovacího stroje bylo úkol práce správné nastavení strečovacího stroje, tak aby došlo k co možná nejmenší změně rozměru folie jakožto výstupního produktu. Tím by pak bylo možné dosáhnout zmenšení ořezu fólie na výstupu a současně zvýšené natažení PVB folie, tak by bylo možné vytvořit ze vstupního materiálu více kusů, čímž by se splnil cíl práce.

3.1 Výběr možných řešení problému

Při výběru nejlepšího řešení problému byl dáván velký zřetel na názory a zkušenosti vedoucích pracovníků tohoto úseku. Experiment byl díky zkušenostem velice zkrácen a byly vyřazeny jeho slepé uličky.

Pro řešení problému bylo postupováno dle schéma řešení problému profesora Hosnedla, a to podle základních sériových činností. Paralelní základní činnosti byly řešeny na interní úrovni ve firmě a v této práci jsou zmíněny pouze okrajově v různých kapitolách.



Obrázek 13 Schéma řešení problému [9]

3.1.1 Zadání úkolu

Zadáním úkolu bylo zvýšení výtěžnosti stroje PVB folie v rámci procesu laminace automobilového skla. Dle interní analýzy bylo dospěno k závěru, že proces natahování a následné dělení polotovaru neuspokojuje potřeby firmy, a proto tato část přípravy byla vybrána ke zdokonalení.

Výsledný výstup ze stroje nemusí přesně kopírovat zvětšení potřebného polotovaru. Folie se totiž nesmršťuje na všech stranách stejně, a tak bylo cílem dosáhnout co největšího počtu kusů z role folie oproti původním výsledkům. Tento parametr se hodnotí využitím plochy fólie.

3.1.2 Hledání řešení

Jak bylo zmíněno, byla vybrána ke zdokonalení část technologie, kde dochází k natahování a následnému dělení polotovaru. Po konzultaci s pracovníky byly nabídnuty tyto možnosti řešení problému přímo na strečovacím stroji. Změny na stroji zahrnují úpravu výhřevu, rychlosti odvíjení folie, nastavení rádiusu.

3.1.2.1 Větší tažení polotovaru folie za původního výhřevu

Ve srovnání s původním nastavením by byl polotovar ještě více natažen při zachování původního vytápění. Zvětšení hodnoty tažení o 20 % by mohl se zvětšit polotovar na výstupu technologie, avšak PVB folie by se díky své tvarové paměti vrátila téměř do podobných rozměrů jako při původním nastavení, zároveň je třeba brát ohled na minimální tloušťku fólie, která zabezpečuje dodržení zákonných pevnostních požadavků.

3.1.2.2 Větší výhřev polotovaru folie s původním tažením

Větší výhřev u této metody podpoří tažení, tím pádem by bylo možné dosáhnout dobrých výsledků. Otázkou je, zdali by dokázal stroj uchládit folii projíždějící strojem. Protože na výstupu musí folie dosáhnout teploty okolí. Teplota by byla řádově navýšena o 10-20 % oproti původnímu nastavení. Původní nastavení odvíjení folie by však mohla způsobit větší náchylnost na způsobení kolize, způsobené například zvlněním fólie při nedostatečném chlazení.

3.1.2.3 Větší výhřev a menší rychlost tažení folie

Větším výhřevem a menším tažením polotovaru folie lze docílit většímu tažení s menším smrštěním nebo také snížení tvarové paměti folie na konci procesu. Zvětšení výhřevu se by se pohybovalo okolo 10-20 % původního nastavení. Snížení hodnot tažení folie bylo uvažováno o maximálně 5 % původní hodnoty. Důvod proč varianta počítá s menší rychlostí odvíjení folie, je zvětšení plasticity folie ve stroji vlivem vyššího výhřevu, a proto není nutné folii tolik napínat.

3.1.3 Hodnocení

Všechny tři možné varianty byly posuzovány podle potenciálu za změnu výtěžnosti stroje, které byly vyhodnocovány pomocí pracovníků na pracovišti strečovacího stroje. Volená varianta vychází především z jejich zkušeností se strojem.

3.1.3.1 Větší tažení polotovaru folie za původního výhřevu

Tato úprava stroje způsobuje větší pnutí ve folii a je jako taková bez jiných pozitivních vlivů. Výsledná efektivita nebyla vyhodnocena jako uspokojivá.

3.1.3.2 Větší výhřev polotovaru folie s původním tažením

Mezi zápory této varianty patří vyšší odvod elektrické energie z důvodu navýšení teploty na vytápěcím válci a následné chlazení polotovaru ve stroji. Dále hrozí větší šance na kolizi stroje z důvodu nedostatečného tažení a možného zacuchání folie. Tato varianta byla vyhodnocena jako řešení s malým potenciálem na změnu výtěžnosti stroje.

3.1.3.3 Větší výhřev a menší rychlost tažení folie

Varianta s větším výhřevem a menší rychlostí odvíjení se vyznačuje vyššími náklady na vytápění a následné chlazení. Toto nastavení bylo vyhodnoceno s velkým potenciálem na změnu.

3.1.4 Rozhodování

Dle výsledků vyplývajících z hodnocení změny procesu byla vyhodnocena úprava s větším výhřevem a vyšší rychlostí odvíjení folie jako nejideálnější úprava. V potaz byla brána vyšší spotřeba el. energie z důvodu výhřevu. Obsluha stroje s touto formou úpravy též souhlasila a ohodnotila ji jako nejlepší.

3.1.5 Dokončení

V kapitole dokončení už dochází k aplikaci úpravy. Nastavení stroje nebylo měněno lineárně ale v návaznosti na chování stroje samotného. Tato změna se týkala především rádiusu tažení a rychlosti tažení.

3.2 Princip řešení problému

K experimentu byly vybrány modely SK 381 a Volvo 426, u obou modelů se jednalo o akustickou fólii. Účelem experimentu bylo nastavit stroj dle zvolené varianty a poté měřit polotovary na výstupu po dobu 30 dní. Zadány byly přibližné rozměry folii na výstupu relaxace. Hodnoty změn rozměrů byly zaznamenávány písemně prvních 15 dnů a až 30 den, jelikož od poloviny experimentu se rozměry měnily pouze minimálně. Folie pro experiment byly skladovány jako folie v oficiálním provozu. Při experimentu byly měřeny hodnoty okolní teploty a vlhkosti z důvodu možného vlivu ovlivnění experimentu. Hodnoty vlhkosti a teplot byly stabilní, a tak nedošlo ke zkreslení experimentu. Výsledky folií měřených na experiment byly průměrovány. Vždy bylo měřeno 10 folií pro každé nastavení strečovacího stroje. Na konci měření bylo vyhodnoceno, že průměrování použití takového počtu folií nebylo nutné, jelikož se se výsledky lišily v rozmezí 1 až 2 mm, což nemělo na měření větší vliv.

Byly měřeny 4 parametry folie, které byly pojmenovány jako Rozměr 1, Rozměr 2, Rozměr 3 a Tloušťka. Rozměry 1 až 3 souvisí s tvarem a tvoří „čtyřúhelník“, avšak pro experiment bylo toto měření dostačující. Rádus Rozměru 1 a Rozměru 3 nebyl měřen, jelikož pro další operace nebyly důležité a obecně při dalším zpracování s nimi není problém. Dalším parametrem byla měřena tloušťka folií, která souvisí s výslednou pevností skla a jeho bezpečností. Tento rozměr byl zastropován jako minimální rozměr. Tloušťka byla měřena v místě největšího natažení folie, kde dochází k největšímu zúžení folie.

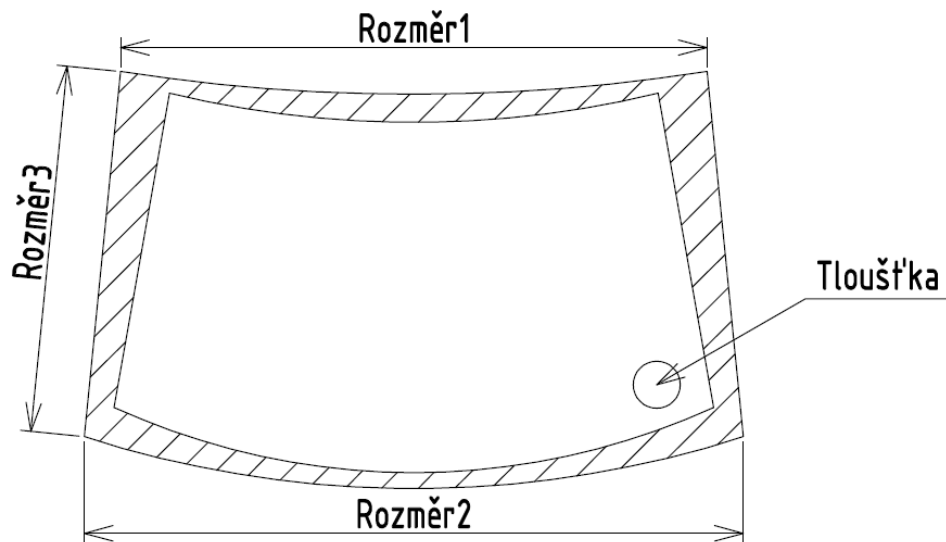
Vyhodnocení výsledků bylo stanoveno jako využití geometrické plochy folie. Plocha folie pro každý model byla známá, rozměry rolí a jejich průměrná výtěžnost také. Aktuální využití plochy pro model SK 381 byla 104,65 % a pro model Volvo 426 byla.

Vztah pro stanovení využití plochy

$$\text{Využití plochy folie} = \frac{\text{Počet kusů z jedné role} \cdot \text{Geometrická plocha finálního skla}}{\text{Rozvinutá plocha role}}$$

$$\text{Cena jedné folie} = \frac{\text{Rozvinutá plocha role} \cdot \text{cena za } m^2}{\text{Počet kusů z jedné role}}$$

$$\text{Hmotnost jedné folie} = \frac{\text{Hmotnost role}}{\text{Počet kusů z jedné role}}$$



Obrázek 14 Schéma využití plochy polotovaru

Předepsané rozměry polotovaru a využití plochy pro model SK 381

3.2.1 Rozměry předepsané pro model SK 381

Rozměr 1 $\approx 860\text{mm}$

Rozměr 2 $\approx 1565\text{mm}$

Rozměr 3 $\approx 1005\text{mm}$

Tloušťka $\approx 0,69\text{mm}$

3.2.2 Původní využití plochy folie SK 381 a její cena a hmotnost

$P_{vpf_{SK381}}$ = Využití plochy role původního nastavení stroje pro SK 381 [%]

L_{RSK381} = Délka role pro model SK 381, dána 470 metrů

V_{RSK381} = Výška role pro model SK 381, dána 1,03 metru

P_{PSK381} = Průměr vyrobených kusů na jednu roli pro SK 381
za původního nastavení stroje, spočetno 425 kusů

S_{SK381} = Efektivní plocha pro folii SK 381, dána 1,192m²

$$P_{vpf_{SK381}} = \frac{P_{pSK381} \cdot S_{SK381}}{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381}} \cdot 100 = \frac{425 \cdot 1,192}{470 \cdot 1,03} \cdot 100 = 104,65\%$$

$Cena_{pSK381}$ = Výrobní cena jedné folie za původního nastavení SK 381,
zjednodušený výpočet [kč]

$Cena_{m^2}$ = Cena 1 m² folie, dána 150kč/m²

$$Cena_{pSK381} = \frac{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381} \cdot Cena_{m^2}}{P_{PSK381}} = \frac{470 \cdot 1,03 \cdot 150}{425} = 170,86 \text{ Kč}$$

$m_{PSK381} = \text{Hmotnost folie SK 381 za původního nastavení [kg]}$

$m_{roleSK381} = \text{Hmotnost role pro SK 381, zvažena 432 kg}$

$$m_{PSK381} = \frac{m_{role}}{P_{PSK381}} = \frac{432}{425} = 1,02kg$$

3.3 Předepsané rozměry polotovaru a využití plochy pro model Volvo 426

3.3.1 Rozměry předepsané pro model Volvo 426

Rozměr 1 \approx 1335mm

Rozměr 2 \approx 1600mm

Rozměr 3 \approx 890mm

Tloušťka \approx 0,69mm

3.3.2 Původní využití plochy folie a její cena a hmotnost

$P_{vpfVolvo426} = \text{Využití plochy role původního nastavení stroje pro Volvo 426 [%]}$

$L_{RVolvo426} = \text{Délka role pro model Volvo 426, dána 470 metrů}$

$V_{RVolvo426} = \text{Výška role pro model Volvo 426, dána 1,15 metru}$

$P_{PVolvo426} = \text{Průměr vyrobených kusů na jednu roli pro Volvo 426 za původního nastavení stroje, početno 375 kusů}$

$S_{Volvo426} = \text{Efektivní plocha pro folii Volvo 426, dána 1,3m}^2$

$$P_{vpfVolvo426} = \frac{P_{KVolvo426} \cdot S_{Volvo426}}{L_{RVolvo426} \cdot V_{RVolvo426}} \cdot 100 = \frac{375 \cdot 1,3}{470 \cdot 1,15} \cdot 100 = 90,19\%$$

$Cena_{PVolvo426} = \text{Výrobní cena jedné folie za původního nastavení Volvo 426, zjednodušený výpočet [kč]}$

$Cena_{m^2} = \text{Cena 1 m}^2 \text{ folie, dána 150kč/m}^2$

$$Cena_{PVolvo426} = \frac{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381} \cdot Cena_{m^2}}{P_{KSK381}} = \frac{470 \cdot 1,15 \cdot 150}{375} = 216,2Kč$$

$m_{PSVolvo426} = \text{Hmotnost folie Volvo 426 za původního nastavení [kg]}$

$m_{roleVolvo426} = \text{Hmotnost role pro Volvo 426, zvažena 497 kg}$

$$m_{PSVolvo426} = \frac{m_{role}}{P_{PSK381}} = \frac{497}{375} = 1,33kg$$

3.3.3 Vzorek SK 381 původní nastavení stroje

Vstupní hodnoty

Model SK 381 WS	
Rychlost odvíjené folie [m/min]	6,2
Tažení na banánovém válci [%]	115
Tažení na kuželovém válci [%]	195
Rádus	320
Teplota válce	94,7

Tabulka 1 Vstupní hodnoty SK 381, původní nastavení stroje

Tabulka 1 popisuje původní nastavení strečovacího stroje. Jedná se o výchozí hodnoty pro řešení problému. Nastavení se vyznačuje většími hodnotami tažení na banánových a kuželovém válci a dále poměrně vysokou rychlostí odvíjení folie ve stroji. Výrobce folie je firma Sekisui.

Výstupní hodnoty

SK 381	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1342	1308	1304	1296	1294	1292	1289	1287	1287
Rozměr 2 [mm]	1646	1584	1574	1556	1555	1535	1528	1520	1515
Rozměr 3 [mm]	930	950	953	955	956	956	956	956	959
Teplota [°C]	13,7	18,2	18,2	18,3	18,2	18,2	18,5	18,2	18,2
Vlkost vzduchu [%]	41,5	26,8	28,8	29,2	29,6	35,7	35,7	30,3	31,6
Tloušťka [μm]	710	740	740	740	740	740	740	740	740
Rozměr 1 [mm]	1	2,6	2,9	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,3
Rozměr 2 [mm]	1	3,9	4,6	5,8	5,9	7,2	7,7	8,3	8,6
Rozměr 3 [mm]	1	2,1	2,4	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	3,0
Tloušťka [μm]	1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1285	1285	1284	1281	1280	1282	1281	1279	1276
Rozměr 2 [mm]	1510	1509	1501	1498	1495	1496	1497	1490	1472
Rozměr 3 [mm]	959	960	960	960	960	960	960	961	962
Teplota [°C]	18,4	18,2	18	18,2	18,5	18,5	18,3	18,1	18,1
Vlkost vzduchu [%]	31,9	29	28,3	29,8	30,7	35,3	28,4	31,2	29,2
Tloušťka [μm]	740	750	750	750	750	750	750	750	753
Rozměr 1 [mm]	4,4	4,4	4,5	4,8	4,8	4,7	4,8	4,9	5,2
Rozměr 2 [mm]	9,0	9,1	9,7	9,9	10,1	10,0	10,0	10,5	11,8
Rozměr 3 [mm]	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3
Tloušťka [μm]	4,1	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,7

Tabulka 2 Výstupní hodnoty SK 381, původní nastavení stroje

Tabulka 2 popisuje hodnoty změn rozměrů nařezaného polotovaru folie. Největší změny byly zaznamenány především v prvních 15 dnech. Důležité hodnoty jsou smršnění, které byly brány jako výchozí. Rozměr 1 se smrštil o 5,2 %, Rozměr 2 se smrštil až o 11,8 %. Rozměr 3 se zvětšil o 3,3 % a hodnota tloušťky se změnila o 5,7 %.

3.3.4 Vzorek SK 381 nastavení stroje 1

Vstupní hodnoty

Model SK 381 WS	
Rychlost odvíjení folie [m/min]	6
Tažení na banánovém válci [%]	108
Tažení na kuželovém válci [%]	178
Rádus	360
Teplota válce	110

Tabulka 3 Vstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 1

Tabulka 3 popisuje 1 nastavení experimentu, kdy byla snížena hodnota odvíjení, rádiusu a tažení na válcích. Tyto hodnoty byly pozměněny z důvodu navýšení teploty, o kterou se opírá dynamika stroje.

Výstupní hodnoty

SK 381	VSTUP	1.DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1340	1324	1311	1306	1305	1303	1301	1298	1297
Rozměr 2 [mm]	1655	1605	1596	1591	1586	1580	1576	1571	1568
Rozměr 3 [mm]	914	925	929	930	932	934	934	936	936
Teplota [°C]	13,7	18,4	18,2	18,2	18,3	18	18,4	17,8	17,7
Vlkost vzduchu [%]	29,2	28,9	29,2	27,5	27,1	26,8	25,2	26,6	25,3
Tloušťka [μm]	735	755	759	764	764	765	766	766	766
Rozměr 1 [mm]	1	1,2	2,2	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3
Rozměr 2 [mm]	1	3,1	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,3	5,5
Rozměr 3 [mm]	1	1,2	1,6	1,7	1,9	2,1	2,1	2,4	2,4
Tloušťka [μm]	1	2,6	3,2	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1297	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1295	1289
Rozměr 2 [mm]	1563	1558	1553	1552	1548	1547	1546	1543	1541
Rozměr 3 [mm]	936	936	936	936	936	936	937	937	938
Teplota [°C]	18	18,2	17,7	17,1	17,7	21	18	19	15,6
Vlkost vzduchu [%]	24,2	22,2	25,2	27	20,2	25,2	23,7	22	25
Tloušťka [μm]	766	766	767	767	767	767	767	767	770
Rozměr 1 [mm]	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	4,0
Rozměr 2 [mm]	5,9	6,2	6,6	6,6	6,9	7,0	7,1	7,3	7,4
Rozměr 3 [mm]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6
Tloušťka [μm]	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,5

Tabulka 4 Výstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 1

Výstupní hodnoty v prvních dnech mají rozdílné rozměry, než mělo původní nastavení, které byly způsobeny rozdílnou dynamikou stroje. Měření se vyznačuje zmenšením Rozměru 1 o 4 %, zmenšením Rozměru 2 o 7,4 %, zvětšením Rozměru 3 o 2,6 %. Ve srovnání s původním nastavením bylo dosaženo pozitivního trendu snížení hodnot zmenšení a zmenšení tvarové paměti folie.

3.3.5 Vzorek SK 381 nastavení stroje 2

Vstupní hodnoty

Model SK 381 WS	
Rychlost odvíjení folie [m/min]	6
Tažení na banánovém válci [%]	108
Tažení na kuželovém válci [%]	178
Rádus	380
Teplota válce	120

Tabulka 5 Vstupní hodnoty SK 381, nastavení stroje 2

Tabulka 5 popisuje nastavení strečovacího stroje a navazuje na strategii zvyšování teploty a rádiusu a snižování hodnot rychlosti tažení a tažení na banánových a kuželovém válci. Nastavení hodnot tažení a rádiusu se odvíjelo od zkušeností obsluhy a nešlo o konečné nastavení. Bylo uvažováno, že toto nastavení bude dále upravováno.

SK 381	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1340	1302	1300	1300	1298	1297	1295	1289	1288
Rozměr 2 [mm]	1658	1605	1597	1597	1593	1585	1580	1575	1572
Rozměr 3 [mm]	914	930	931	932	932	933	933	933	933
Teplota [°C]	18,1	18,1	18,2	18,2	18,1	18,2	18,2	17,9	17,7
Vlkost vzduchu [%]	30	30,2	29,2	29,2	27,3	28,1	25,4	26,6	25,3
Tloušťka [μm]	728	750	754	755	755	755	755	755	755
Rozměr 1 [mm]	1	2,9	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	4,0	4,0
Rozměr 2 [mm]	1	3,3	3,8	3,8	4,1	4,6	4,9	5,3	5,5
Rozměr 3 [mm]	1	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Tloušťka [μm]	1	2,9	3,4	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1288	1288	1287	1285	1285	1282	1281	1281	1280
Rozměr 2 [mm]	1570	1567	1564	1561	1561	1556	1556	1555	1550
Rozměr 3 [mm]	933	933	934	934	934	935	935	935	936
Teplota [°C]	18	18,2	17,7	17,1	17,7	21	18	19	15,6
Vlkost vzduchu [%]	25,2	22,5	25,2	27	20,2	25,2	23,7	22	25
Tloušťka [μm]	755	756	756	756	756	756	756	757	760
Rozměr 1 [mm]	4,0	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,6	4,6	4,7
Rozměr 2 [mm]	5,6	5,8	6,0	6,2	6,2	6,6	6,6	6,6	7,0
Rozměr 3 [mm]	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,4
Tloušťka [μm]	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	4,2

Tabulka 6 Výstupní hodnoty SK381, nastavení stroje 2

Tabulka 6 popisuje tvarové změny měřených folií. Oproti měření pro nastavení stroje 1 se zvýšila hodnota smrštění Rozměru 1, ale hodnoty smrštění Rozměru 2. Rozměru 3 a tloušťky se zmenšily méně. Zmenšení hodnot smrštění se pohybuje okolo 0,2 až 0,4 %, což je bráno jako pozitivní zpráva. Srovnání hodnot s nastavením stroje 2 na výstupu původního nastavení dokazuje, že navýšení teploty ve stroji je tou správnou cestou k navýšení výtěžnosti.

3.3.6 Vzorek SK 381 aktuální nastavení stroje

Vstupní hodnoty

Model SK 381 WS	
Rychlost odvíjení folie [m/s]	5,5
Tažení na banánovém válci [%]	110
Tažení na kuželovém válci [%]	170
Rádus	360
Teplota válce	120

Tabulka 7 Vstupní hodnoty SK 381, aktuální nastavení stroje

Tabulka 7 popisuje aktuální nastavení stroje. Aktuální nastavení stroje je inspirováno nastavením stroje 2 a hodnoty ostatních nastavení kromě teploty byly doladěny obsluhou tak, aby bylo dosaženo maximální využití plochy folie. Přídavky po stranách byly nastavením také vybalancovány.

Výstupní hodnoty

SK 381	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1338	1300	1298	1297	1297	1295	1293	1291	1290
Rozměr 2 [mm]	1570	1521	1515	1510	1506	1501	1498	1494	1492
Rozměr 3 [mm]	931	943	945	946	947	948	949	949	951
Teplota [°C]	13,7	18,2	18,2	18,3	18,2	18,2	18,5	118,2	18,2
Vlkost vzduchu [%]	43	24,9	26,1	28,7	27,4	31,1	24,9	25,5	25,1
Tloušťka [μm]	729	749	750	751	751	751	752	752	752
Rozměr 1 [mm]	1	2,9	3,1	3,2	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7
Rozměr 2 [mm]	1	3,2	3,6	4,0	4,2	4,6	4,8	5,1	5,2
Rozměr 3 [mm]	1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,1
Tloušťka [μm]	1	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,1	3,1	3,1
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1289	1287	1287	1286	1286	1285	1285	1285	1280
Rozměr 2 [mm]	1488	1484	1481	1478	1475	1472	1471	1470	1468
Rozměr 3 [mm]	951	952	952	953	953	953	954	954	955
Teplota [°C]	18,4	18,2	18	18,2	18,5	18,5	18,3	18,1	18,1
Vlkost vzduchu [%]	25,3	27	26,5	29,3	30,1	26,7	33,3	36,2	28,4
Tloušťka [μm]	752	753	753	753	753	754	754	754	757
Rozměr 1 [mm]	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,5
Rozměr 2 [mm]	5,5	5,8	6,0	6,2	6,4	6,7	6,7	6,8	6,9
Rozměr 3 [mm]	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5
Tloušťka [μm]	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,7

Tabulka 8 Výstupní hodnoty SK 381, aktuální nastavení stroje

Tabulka 8 popisuje pozitivní změny rozměrů měřených folií za aktuálního nastavení. Oproti nastavení stroje 2 byly sníženy hodnoty smrštění Rozměru 1, 2 a tloušťky. Nepatrný nárůst zaznamenal měřený Rozměr 3. Přídavky po stranách jsou rovnoměrnější a materiální ztráty menší.

3.3.7 Aktuální využití plochy folie SK 381

$P_{pfsk381}$ = Využití plochy role aktuálního nastavení stroje pro SK 381 [%]

L_{RSK381} = Délka role pro model SK 381, dána 470 metrů

V_{RSK381} = Výška role pro model SK 381, dána 1,03 metru

P_{ASK381} = Průměr vyrobených kusů na jednu roli pro SK 381
za aktuálního nastavení stroje, spočetno 435 kusů

S_{SK381} = Efektivní plocha pro folii SK 381, dána 1,192m²

$$P_{pfsk381} = \frac{P_{KSK381} \cdot S_{SK381}}{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381}} \cdot 100 = \frac{435 \cdot 1,192}{470 \cdot 1,03} \cdot 100 = 107,11\%$$

$Cena_{ASK381}$ = Výrobní cena jedné folie za aktuálního nastavení SK 381,
zjednodušený výpočet [kč]

$Cena_{m^2}$ = Cena 1 m² folie, dána 150kč/m²

$$Cena_{ASK381} = \frac{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381} \cdot Cena_{m^2}}{P_{KSK381}} = \frac{470 \cdot 1,03 \cdot 150}{435} = 166,93\text{Kč}$$

m_{ASK381} = Hmotnost folie SK 381 za aktuálního nastavení [kg]

$$m_{ASK381} = \frac{m_{role}}{P_{ASK381}} = \frac{432}{435} = 0,99\text{kg}$$

3.3.8 Vzorek Volvo 426 původní nastavení stroje

Vstupní hodnoty

Model VOLVO 426 WS	
Rychlost odvíjení folie [m/min]	6,4
Tažení na banánovém válci [%]	110
Tažení na kuželovém válci [%]	190
Radius	320
Teplota válce	94,7

Tabulka 9 Vstupní hodnoty Volvo 426, původní nastavení stroje

Tabulka 9 popisuje původní vstupní hodnoty strečovacího stroje. Folie je ve srovnání s folií SK 381 větší, a proto je rychlost odvíjení lehce vyšší. I u tohoto modelu byla implikována strategie zvýšení teploty tažení a upravení tažení na válcích a rádiusu. Výrobce folií pro tento typ je firma Kuraray.

Výstupní hodnoty

VOLVO 426	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1392	1362	1342	1335	1332	1329	1327	1327	1325
Rozměr 2 [mm]	1775	1745	1730	1709	1700	1687	1684	1674	1669
Rozměr 3 [mm]	1043	1058	1060	1063	1066	1068	1069	1071	1071
Teplota [°C]	14,2	18,5	19,4	19,3	19,1	19,2	19,1	19,7	18,9
Vlkost vzduchu [%]	24,6	24,5	24,5	20,7	34,7	33,4	33,8	31,6	30,8
Tloušťka [μm]	686	705	708	711	711	714	718	720	721
Rozměr 1 [mm]	1,0	2,2	3,7	4,3	4,5	4,7	4,9	4,9	5,1
Rozměr 2 [mm]	1,0	1,7	2,6	3,9	4,4	5,2	5,4	6,0	6,4
Rozměr 3 [mm]	1,0	1,4	1,6	1,9	2,2	2,3	2,4	2,6	2,6
Tloušťka [μm]	1,0	2,7	3,1	3,5	3,5	3,9	4,5	4,7	4,9
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1325	1325	1325	1322	1321	1321	1321	1321	1318
Rozměr 2 [mm]	1663	1660	1658	1653	1651	1648	1644	1642	1639
Rozměr 3 [mm]	1071	1072	1072	1075	1075	1075	1076	1076	1077
Teplota [°C]	19	19,1	18,7	18,7	18,9	18,2	18,5	18,6	19,5
Vlkost vzduchu [%]	33,1	32,5	23,1	23,4	21,6	19,2	21,2	23,3	30,2
Tloušťka [μm]	724	725	727	728	732	735	737	738	740
Rozměr 1 [mm]	5,1	5,1	5,1	5,3	5,4	5,4	5,4	5,4	5,6
Rozměr 2 [mm]	6,7	6,9	7,1	7,4	7,5	7,7	8,0	8,1	8,3
Rozměr 3 [mm]	2,6	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2
Tloušťka [μm]	5,2	5,4	5,6	5,8	6,3	6,7	6,9	7,0	7,3

Tabulka 10 Výstupní hodnoty Volvo 426, původní nastavení stroje

Tabulka 10 popisuje hodnoty smrštění Rozměru 1,2 a zvětšení Rozměru 3 a tloušťky. Rozměr 1 se do konce měření zmenšil o 5,6 %, Rozměr 2 o 8,3 %, dále došlo k nárůstu Rozměru 3 o 3,2 % a tloušťky o 7,3 %. Tyto hodnoty jsou pro experiment výchozí.

3.3.9 Vzorek Volvo 426 nastavení stroje 1

Vstupní hodnoty

Model VOVLO 426 WS	
Rychlost odvíjené folie [m/min]	6
Tažení na banánovém válci [%]	108
Tažení na kuželovém válci [%]	178
Rádus	380
Teplota válce	110

Tabulka 11 Vstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 1

Tabulka 11 popisuje hodnoty nastavené stroje 1. Byla snížena rychlost odvíjení spolu s tažením na banánovém a kuželovém válci. Rádus byl také pozměněn z důvodu změny dynamiky stroje. Teplota válce byla zvýšena na 110°

Vstupní hodnoty

Tabulka 11 popisuje hodnoty nastavené stroje 1. Byla snížena rychlost odvíjení spolu s tažením na banánovém a kuželovém válci. Rádus byl také pozměněn z důvodu změny dynamiky stroje. Teplota válce byla zvýšena na 110°C.

Volvo 426	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1413	1368	1330	1327	1326	1325	1325	1322	1321
Rozměr 2 [mm]	1800	1781	1772	1766	1763	1761	1759	1757	1754
Rozměr 3 [mm]	1056	1066	1072	1073	1073	1073	1074	1074	1074
Teplota [°C]	18,1	18,1	18,2	18,2	18,1	18,2	18,2	17,9	17,7
Vlkost vzduchu [%]	30	30,2	29,2	29,2	27,3	28,1	25,4	26,6	25,3
Tloušťka [μm]	682	698	700	702	703	705	708	712	714
Rozměr 1 [mm]	1	3,3	6,2	6,5	6,6	6,6	6,6	6,9	7,0
Rozměr 2 [mm]	1	1,1	1,6	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6
Rozměr 3 [mm]	1	0,9	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Tloušťka [μm]	1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	4,5
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1320	1319	1318	1317	1317	1316	1315	1314	1310
Rozměr 2 [mm]	1752	1750	1749	1748	1748	1747	1746	1744	1737
Rozměr 3 [mm]	1074	1075	1075	1075	1076	1076	1077	1077	1083
Teplota [°C]	18	18,2	17,7	17,1	17,7	21	18	19	15,6
Vlkost vzduchu [%]	25,2	22,5	25,2	27	20,2	25,2	23,7	22	25
Tloušťka [μm]	717	719	720	722	723	726	728	729	736
Rozměr 1 [mm]	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,5	7,5	7,9
Rozměr 2 [mm]	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,6
Rozměr 3 [mm]	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,5
Tloušťka [μm]	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	6,1	6,3	6,4	7,3

Tabulka 12 Výstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 1

Tabulka 12 popisuje smrštění folií po dobu 30 dní za nastavení stroje 1. Ve srovnání s původním nastavením se Rozměr 1 zvětšil o 2,3 % více, Rozměr 2 se smrštil o 4,7 % méně, Rozměr 3 se zmenšil o 0,7 % a tloušťka zůstala zachována. I nadále byl pozorován pozitivní trend menšího sražení, než bylo za původního nastavení, ačkoli došlo ke zvětšení Rozměru 1 oproti původnímu nastavení. Tento problém bylo možné vyřešit přenastavením stroje na ideálnější podmínky.

3.3.10 Vzorek Volvo 426 nastavení stroje 2

Vstupní hodnoty

Model VOLVO 426 WS	
Rychlost odvíjené folie [m/min]	6
Tažení na banánovém válci [%]	108
Tažení na kuželovém válci [%]	178
Rádus	380
Teplota válce	120

Tabulka 13 Vstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 2

Tabulka 13 popisuje vstupní hodnoty pro nastavení stroje 2, Jedná se o identické nastavení jako pro nastavení stroje 1, pouze byla zvýšena teplota vřehřevu na 120 °C.

Výstupní hodnoty

Volvo 426	VSTUP	1. DEN	2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD					
Rozměr 1 [mm]	1416	1372	1340	1332	1330	1330	1329	1329
Rozměr 2 [mm]	1803	1785	1778	1775	1770	1768	1765	1763
Rozměr 3 [mm]	1050	1066	1072	1073	1073	1073	1074	1074
Teplota [°C]	18,1	18,1	18,2	18,2	18,1	18,2	18,2	17,9
Vlkost vzduchu [%]	30	30,2	29,2	29,2	27,3	28,1	25,4	26,6
Tloušťka [μm]	680	695	697	700	703	705	709	711
Rozměr 1 [mm]	1	3,2	5,7	6,3	6,5	6,5	6,5	6,5
Rozměr 2 [mm]	1	1,0	1,4	1,6	1,9	2,0	2,2	2,2
Rozměr 3 [mm]	1	1,5	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
Tloušťka [μm]	1	2,2	2,4	2,9	3,3	3,5	4,1	4,4
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN
Rozměr 1 [mm]	1328	1328	1327	1326	1326	1325	1325	1324
Rozměr 2 [mm]	1762	1761	1760	1759	1758	1757	1755	1754
Rozměr 3 [mm]	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1075
Teplota [°C]	18	18,2	17,7	17,1	17,7	21	18	19
Vlkost vzduchu [%]	25,2	22,5	25,2	27	20,2	25,2	23,7	22
Tloušťka [μm]	714	714	716	717	719	720	721	721
Rozměr 1 [mm]	6,6	6,6	6,7	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9
Rozměr 2 [mm]	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8
Rozměr 3 [mm]	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Tloušťka [μm]	4,8	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,7	5,7

Tabulka 14 Výstupní hodnoty Volvo 426, nastavení stroje 2

Tabulka 14 popisuje změnu tvaru folie. Od prvního měření se Rozměr 1 smrštil o 7,3 %, Rozměr 2 se smrštil o 3,3 %, Rozměr 3 se zvětšil o 2,3 % a tloušťka folie se zvýšila o 7,2 %. Ve srovnání s původním nastavením stroje se Rozměr 1 zmenšil o 1,7 % více, Rozměr 2 se zmenšil o 5 % méně, Rozměr 3 se zmenšil o 0,9 % méně a tloušťka se zmenšila o 0,1 % méně. Ve srovnání s nastavením stroje 1, dosahuje nastavení stroje 2 lépe, proto byla i u tohoto výrobce polotovarů folií brána strategie zvyšování teploty výhřevu jako cesta k úsporám.

3.3.11 Vzorek Volvo 426 aktuální nastavení stroje

Vstupní hodnoty

Model VOVLO 426 WS	
Rychlost odvíjené folie [m/min]	5,5
Tažení na banánovém válci [%]	120
Tažení na kuželovém válci [%]	167
Rádus	400
Teplota válce	120

Tabulka 15 Vstupní hodnoty Volvo 426, aktuální nastavení stroje

Tabulka 15 popisuje vstupní hodnoty aktuálního nastavení stroje. Jsou to upravené hodnoty nastavení stroje 2, tak aby došlo k maximálnímu využití plochy polotovaru. Upraveny byly všechny hodnoty kromě teploty výhřevu z důvodu doladění dynamiky stroje.

Výstupní hodnoty

Volvo 426	VSTUP	1. DEN		2. DEN	3. DEN	4. DEN	5. DEN	6. DEN	7. DEN
		12HOD	24HOD						
Rozměr 1 [mm]	1415	1372	1340	1332	1330	1330	1329	1329	1329
Rozměr 2 [mm]	1696	1681	1675	1670	1668	1667	1666	1664	1663
Rozměr 3 [mm]	1049	1066	1072	1073	1073	1073	1074	1074	1074
Teplota [°C]	18,1	18,1	18,2	18,2	18,1	18,2	18,2	17,9	17,7
Vlkost vzduchu [%]	43	24,9	26,1	28,7	27,4	31,1	24,9	25,5	25,1
Tloušťka [μm]	680	695	697	700	703	705	709	711	712
Rozměr 1 [mm]	1	3,1	5,6	6,2	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5
Rozměr 2 [mm]	1	0,9	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0
Rozměr 3 [mm]	1	1,6	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
Tloušťka [μm]	1	2,2	2,4	2,9	3,3	3,5	4,1	4,4	4,5
	8. DEN	9. DEN	10. DEN	11. DEN	12. DEN	13. DEN	14. DEN	15. DEN	30. DEN
Rozměr 1 [mm]	1328	1328	1327	1326	1326	1325	1325	1324	1320
Rozměr 2 [mm]	1660	1659	1657	1655	1654	1653	1653	1651	1651
Rozměr 3 [mm]	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1075
Teplota [°C]	18	18,2	17,7	17,1	17,7	21	18	19	15,6
Vlkost vzduchu [%]	25,3	27	26,5	29,3	30,1	26,7	33,3	36,2	28,4
Tloušťka [μm]	714	714	716	717	719	720	721	721	733
Rozměr 1 [mm]	6,6	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9	7,2
Rozměr 2 [mm]	2,2	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
Rozměr 3 [mm]	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4
Tloušťka [μm]	4,8	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,7	5,7	7,2

Tabulka 16 Výstupní hodnoty Volvo 426, aktuální nastavení stroje

Tabulka 16 popisuje smrštění Rozměru 1 o 7,2 %, smrštění Rozmětu 2 o 2,7 %, zvětšení Rozměru 3 o 2,4 % a zvětšení tloušťky o 7,2 %. Ve srovnání s původním nastavením stroje se Rozměr 1 zemřil o 1,6 % více, Rozměr 2 o 5,6 % méně, Rozměr 3 se zvětšil o 0,8 % méně a tloušťka se zvětšila o 0,1 % méně. V porovnání s původním nastavením lze vidět pozitivní trend menšího srážení folie, které se vyhnulo Rozměru 2, z důvodu kónického tažení a nerovnoměrného srážení. Aktuální nastavení se lehce liší od měření při nastavení stroje 1 a 2, a proto zkušenosti se strategií zvyšování teplot nejspíše půjde aplikovat i na jiné typy folií od výrobce Kuraray.

3.3.12 Aktuální využití plochy folie Volvo 426

$P_{vpf_{Volvo426}} =$ Využití plochy role aktuálního nastavení stroje pro Volvo 426 [%]

$L_{RVolvo426} =$ Délka role pro model Volvo 426, dána 470 metrů

$V_{RVolvo426} =$ Výška role pro model Volvo 426, dána 1,15 metru

$P_{PVolvo426} =$ Průměr vyrobených kusů na jednu roli pro

Volvo 426 za aktuálního nastavení stroje, spočteno 395 kusů

$S_{Volvo426} =$ Efektivní plocha pro folii Volvo 426, dána 1,3m²

$$P_{vpf_{Volvo426}} = \frac{P_{KVolvo426} \cdot S_{Volvo426}}{L_{RVolvo426} \cdot V_{RVolvo426}} \cdot 100 = \frac{395 \cdot 1,3}{470 \cdot 1,15} \cdot 100 = 95\%$$

$Cena_{AVolvo426} =$ Výrobní cena jedné folie za aktuálního nastavení Volvo 426,

zjednodušený výpočet [kč]

$Cena_{m^2} = \text{Cena } 1 \text{ m}^2 \text{ folie, dána } 6\text{kč/m}^2$

$$Cena_{AVolvo426} = \frac{L_{RSK381} \cdot V_{RSK381} \cdot Cena_{m^2}}{P_{KSK381}} = \frac{470 \cdot 1,15 \cdot 150}{395} = 205,25\text{Kč}$$

$m_{ASVolvo426} = \text{Hmotnost folie Volvo 426 za aktuálního nastavení [kg]}$

$$m_{AVolvo426} = \frac{m_{role}}{P_{ASK381}} = \frac{497}{395} = 1,26\text{kg}$$

3.4 Finanční zhodnocení změny nastavení stroje

Finanční zhodnocení bylo prováděno vzhledem k uspořené ploše role. Dopady zvýšené finanční náročnosti při výhřevu nebylo možné zohlednit.

3.4.1 Výsledky SK 381

Před úpravou strečovacího stroje byl stroj schopen z folie o délkových rozměrech přibližně 470 m schopný vyrobit okolo 425 kusů a využití plochy role bylo 104,55 %. Toto číslo nebylo vždy stejné a záviselo na schopnosti obsluhy, plynulosti chodu strečovacího stroje a vadách folie. Po úpravě byl stroj schopen vyrobit ze stejného polotovaru 435 kusů, což je navýšení využití plochy role o 2,56 %. Tím bylo možno snížit cenu jedné folie o 3,93 Kč. Vzhledem k četnosti ve výrobě, která se pohybuje okolo 10–15 rolí měsíčně je možné ušetřit až 25 054 Kč. Ročně lze ušetřit 300 645 Kč pouze na tomto modelu.

3.4.2 Výsledky Volvo 426

Strečovací stroj za původního nastavení byl schopen vyrobit okolo 375 kusů. Rozměr role byl také 470 m jako u vzorku Sk 381. V aktuální úpravě je stroj schopen vyrobit okolo 395 kusů folií. Počet kusů je závislý na již zmíněných aspektech. Úpravou nastavení stroje byla navýšena využití plochy z jedné role o 4,81 %, což je ještě více než u experimentu s SK 381. Důvod vyšší hodnoty výtěžnosti je dán tvarem folie a schopností polotovaru, které závisí na dodavateli. Cena za jednu folii byla snížena o 10,95 Kč. Vzhledem k četnosti ve výrobě, která se pohybuje okolo 10–15 rolí měsíčně je možné ušetřit až 64 879 Kč. Ročně lze ušetřit 778 545 Kč pouze na tomto modelu.

3.5 Enviromentální dopady úspor

Enviromentální dopady úspor se odvíjely od snížení hmotnosti folie jednoho kusu pro každý model. Uhlíková stopa způsobená zvýšeným výhřevem nemohla být zohledněna.

3.5.1 Dopady SK 381

Dle výrobce Sekisui, ze kterého je vyráběná folie pro SK 381 je deklarována uhlíková stopa na 1 kg PVB materiálu 5,3 kg CO₂ [10]. Váha folie byla snížena o 0,03 kg. Stejným výpočtem jako pro finanční zhodnocení lze vyčíslit, že bylo ušetřeno 11,85 kg folie, což je 62,81 kg uspořené CO₂. Vzhledem k četnosti lze tak ušetřit 942,15 kg CO₂ měsíčně a 11 305,8 kg CO₂ ročně pouze úpravou stroje pro tento model.

3.5.2 Dopady Volvo 426

Dle výrobce Kuraray, ze kterého je vyráběná folie pro Volvo 426 je deklarována uhlíková stopa na 1 kg PVB materiálu 4,48 kg CO₂ [10]. Váha jedné folie byla snížena o 0,07 kg, na každou roli bylo celkem ušetřeno 27,65 kg, což je 123,87kg CO₂. Četnost modelu Volvo 426 je velmi podobná četnost SK 391 a lze stejně jako u předešlého modelu vyčíslit, že by bylo možné měsíčně ušetřit až 1858,1 kg CO₂ a ročně až 22 296,96 kg CO₂.

4 Shrnutí a závěr

Práce se zaměřovala na snížení výrobních ztrát v procesu přípravy PVB folie pro automobilová čelní skla. Za pomoci spolupracovníků firmy Saint-Gobain Sekurit byl analyzován potenciál zlepšení procesu tvarování folie na strečovacím stroji. Vzorky byly měřeny od dodavatelů Sekisui pro model folie SK 381 a Kuraray pro model Volvo 426. V obou případech šlo o akustickou folii.

Nejprve proběhla analýza srážení PVB při původním nastavení strečovacího stroje poté proběhla změna nastavení strečovacího stroje a opětovné měření rozměrů fólií. Analýza vycházela z důvodů zaobleného tvaru folie a její náročnosti měření ze zjednodušení měření folie jakožto rovnoramenného lichoběžníku a tloušťky folie. Bylo měřeno 10 vzorků pro každé nastavení a na konci byly výsledky průměrovány. Nejlepší metodou pro navýšení výtěžnosti byla vyhodnocena pro oba výrobce úprava stroje s navýšením teploty. Vlivem zvýšení ohřevu dochází k nižší tvarové paměti folie a tím k menšímu srážení, čemuž odpovídá větší výtěžnost. Po tomto kroku došlo ještě k optimalizaci nastavení tažení na stroji, čímž byla práce dokončena. Konečné nastavení stroje bylo pojmenováno jako „Aktuální nastavení stroje“.

Za pomoci změn nastavení stroje bylo pro model SK 381 docíleno lepší využití plochy role jako polotovaru o 2,56 % a pro model Volvo 426 4,81 %. Ročně by tak mohlo být při tomto nastavení stroje uspořeno přibližně 1 079 190 Kč. Změnou nastavení stroje lze ročně ušetřit pro model SK 11 305,8 kg CO₂ od výrobce Sekisui a 22 296,96 kg CO₂ pro model Volvo 426 od výrobce Kuraray v rámci snížení uhlíkové stopy. Finanční a environmentální dopady pro úpravu stroje nebylo možné zohlednit.

Cílem práce byla analýza procesu přípravy PVB folie za účelem snížení výrobních ztrát, který byl splněn. Experiment snížil environmentální dopad a přinesl finanční úsporu. Nové nastavení strečovacího stroje lze použít pouze pro akustické folie pro SK 381 a Volvo 426 a pro další modely by musel proběhnout podobný experiment jako v této práci, avšak díky těmto experimentům lze využít zkušeností s aplikací navyšování teploty vyhřívacího procesu a dospění podobných úspor. Tato metoda nelze aplikovat na všechny typy fólií z různých technologických hledisek.

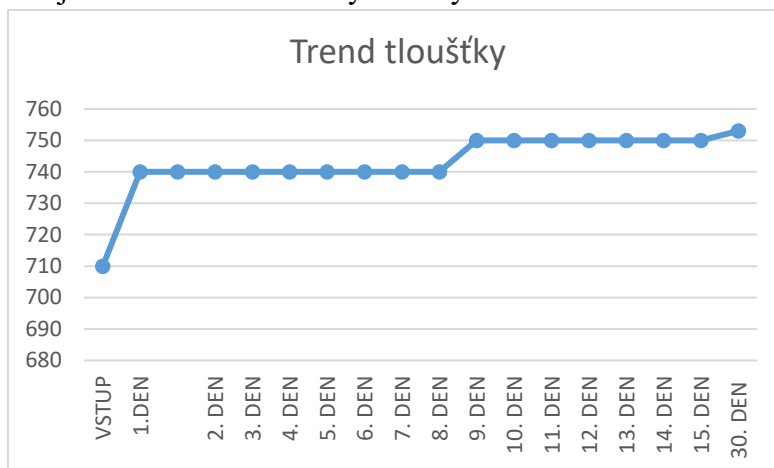
Seznam použitých zdrojů

- [1] Kuraray Lamination guide 2019.
- [2] Eastman Guide Introduction to Laminated Glass Interlayers, June 2019.
- [3] TUPÝ, Michael, MĚŘÍNSKÁ Dagmar a KAŠPÁRKOVÁ PVB Sheet Recycling and Degradation, 16, March, 2012, InTech, 136 s, ISBN 978-953-51-0327-1.
- [4] The GRANTA EduPack materials and proces selection platforms, produkt firmy ANSYS/GRANTA, www.grantadesign.com/education/.
- [5] ČERMÁK, Roman a spol. Expert system for polymers, *Polyvinylbutyral*, Praha, 2018 Dostupné z <http://www.polymeridentification.com/char/pvb.gif>.
- [6] RŮŽIČKOVÁ, Ludmila. *Polyvinylbutyral jako mezivrstva pro čelní laminovaná skla*. Praha ČVUT, 2018, 11-14s .
- [7] PROKOP, Břetislav a UNGR Josef. *Úprava PVB pro laminaci do automobilových skel*. [Osobní konzultace]. Hořovice. 2022-2023
- [8] GOLIS, Štefan a VONDRÁKOVÁ Martina, *Banánové a rozháněcí válce*, BRNO, 2017 Dostupné z https://www.golpretech.cz/uploaded-files/Banan-guma2_450.jpg.
- [9] HOSNEDL, Stanislav. *Obecné modely postupu konstruování*. Plzeň, ZČU, 2017, 4s.
- [10] CHYTIL, Alexandr. Tesseract FR-SGSI Saint-Gobain Sekurit, Hořovice, 2022.

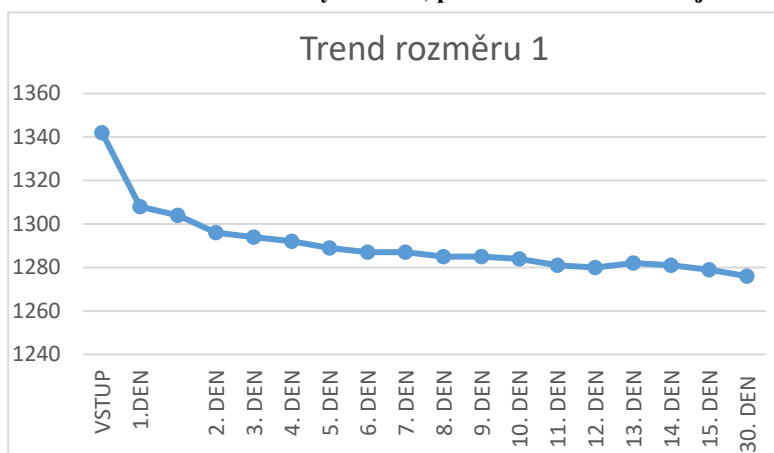
PŘÍLOHA č. 1

Sledování trendů rozměrů vzorku SK 381 původního stroje nastavení

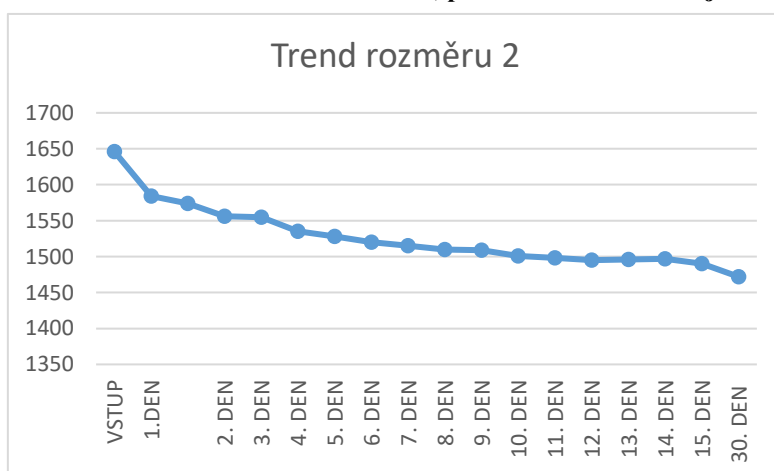
Trendy změny rozměrů dávají obecný přehled o relaxaci folie. Původní nastavení stroje bylo bráno jako výchozí. K největším změnám došlo v prvních dvou dnech, a to u všech měřených rozměrů, v následujících dnech se rozměry ustálily.



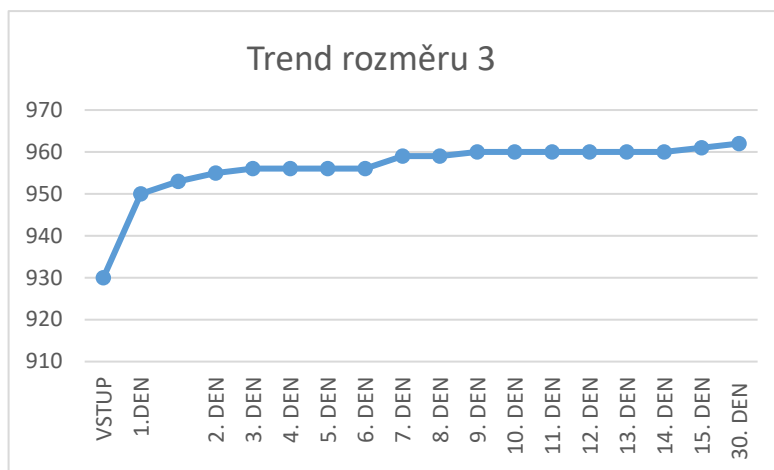
Graf 2 Trend tloušťky SK 381, původní nastavení stroje



Graf 5 Trend rozměru 1 SK 381, původní nastavení stroje



Graf 1 Trend rozměru 2 SK 381, původní nastavení stroje

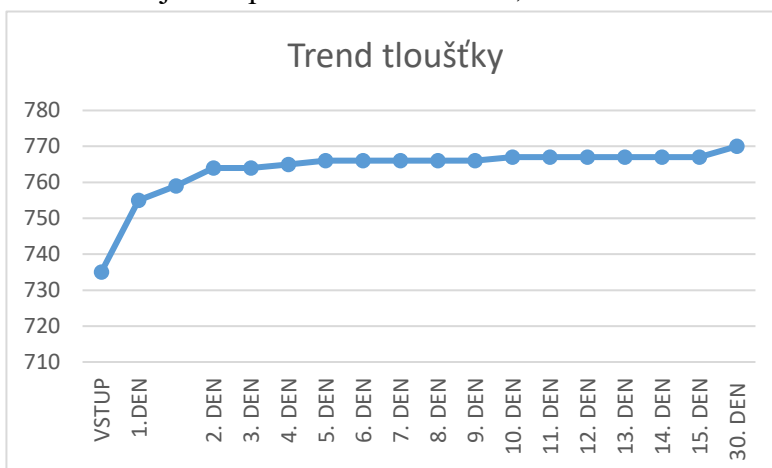


Graf 8 Trend rozměru 3 SK 381, původní nastavení stroje

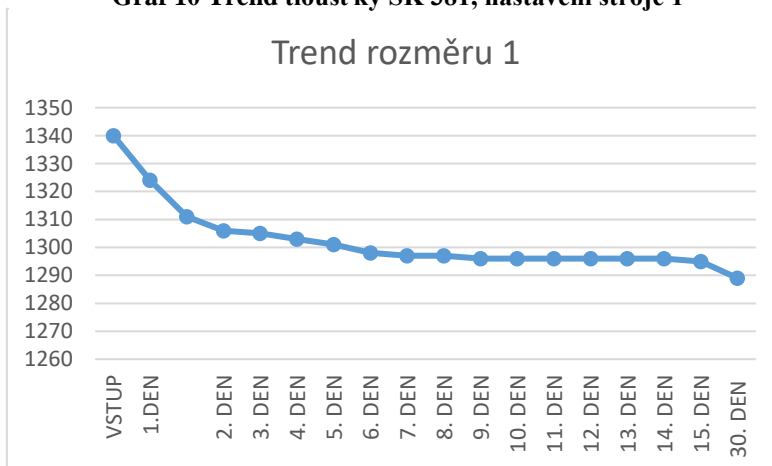
PŘÍLOHA č. 2

Sledování trendů rozměrů vzorku SK 381 nastavení stroje 1

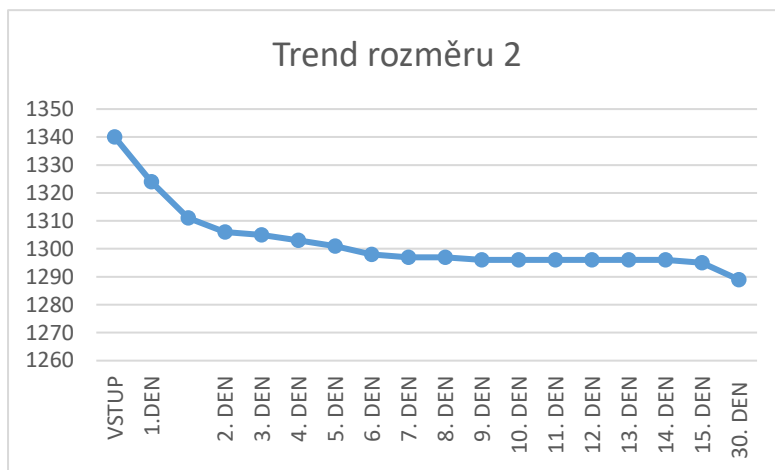
Vzorky nastavení stroje 1 jsou reprezentovány změnou měřených rozměrů folie, ke které nedocházelo tak skokově jako u původního nastavení, ale ke změnám docházelo plynuleji.



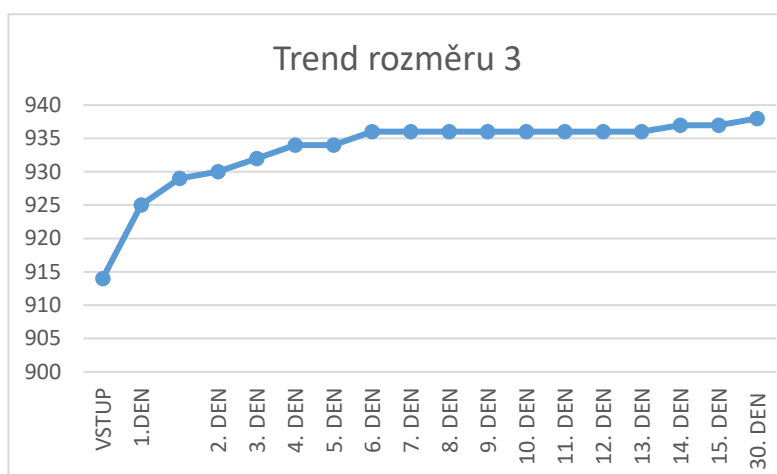
Graf 10 Trend tloušťky SK 381, nastavení stroje 1



Graf 9 Trend rozměru 1 SK 381, nastavení stroje 1



Graf 14 Trend rozměru 2 SK 381, nastavení stroje 1

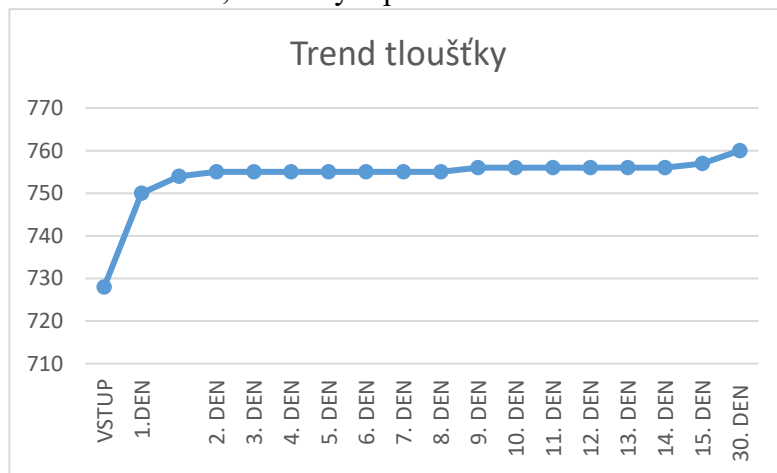


Graf 13 Trend rozměru 3 SK 381, nastavení stroje 1

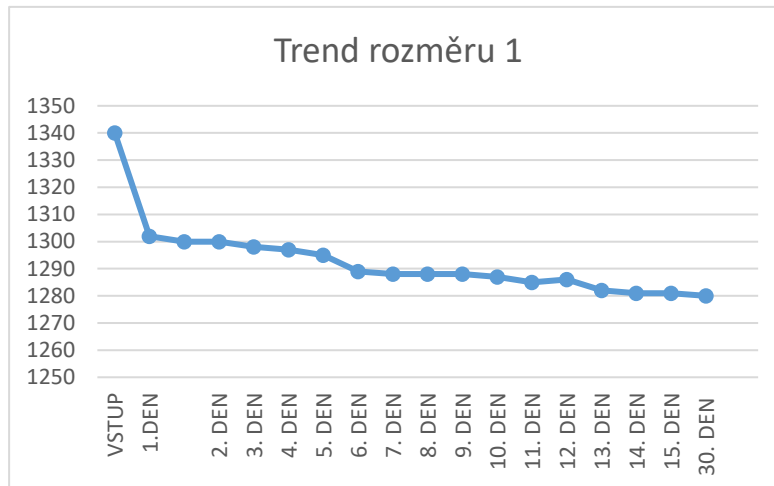
PŘÍLOHA č. 3

Sledování trendů rozměrů vzorku SK 381 stroje nastavení 2

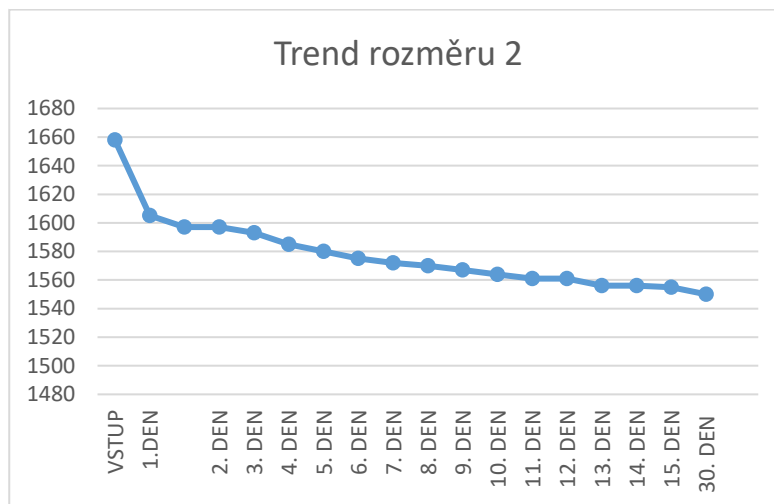
Hodnoty změn folie nastavení stroje 2 je reprezentováno podobně skokovými změnami rozměrů jako původní nastavení, avšak bylo při měření dosaženo menšího smrštění folie.



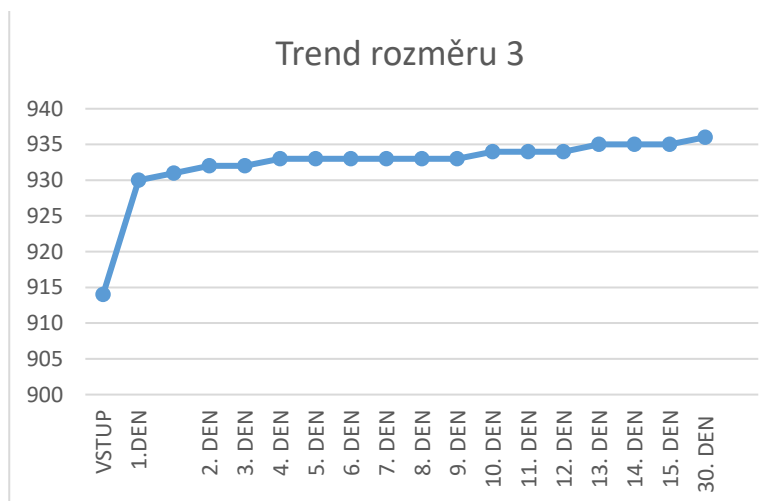
Graf 15 Trend tloušťky SK 381, nastavení stroje 2



Graf 18 Trend rozměru 1 SK 381, nastavení stroje 2



Graf 17 Trend rozměru 2 SK 381, nastavení stroje 2

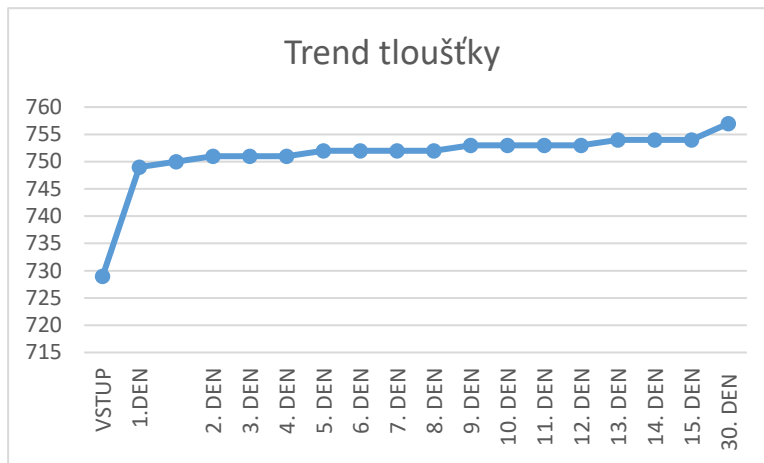


Graf 16 Trend rozměru 3 SK 381, nastavení stroje 2

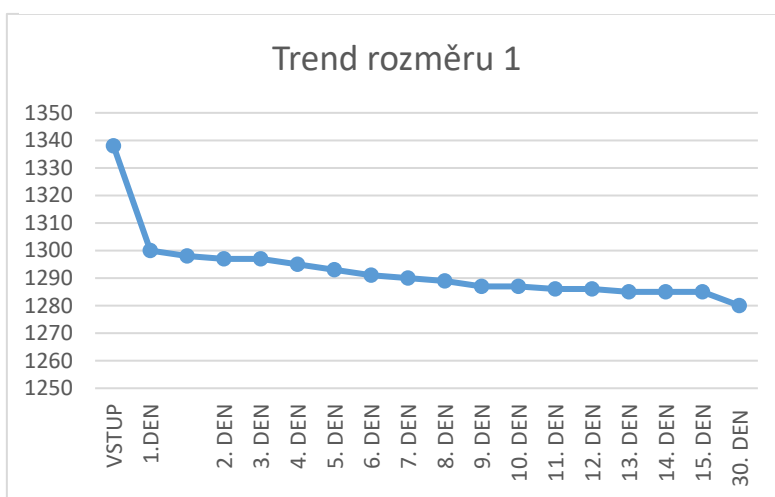
PŘÍLOHA č. 4

Sledování trendů rozměrů vzorku SK 381 aktuální nastavení stroje

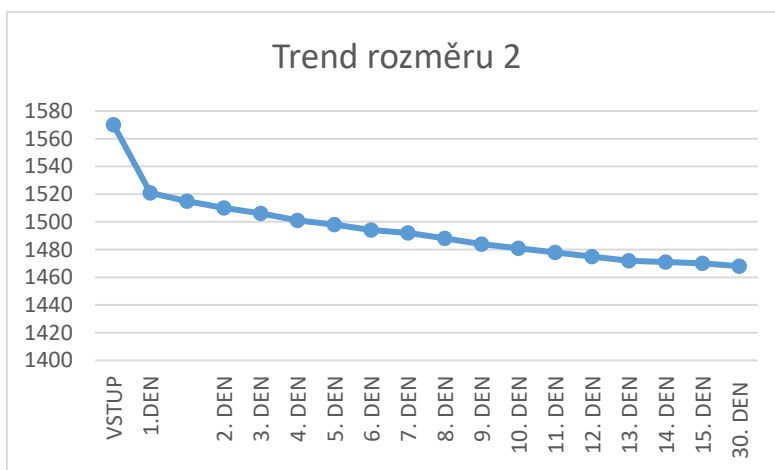
Trendy rozměrů pro aktuální nastavení stroje je velmi podobné původnímu nastavení stroje, avšak první den bylo dosaženo mnohem větších rozměrových změn. Rozměrové změny následující dny jsou minimální.



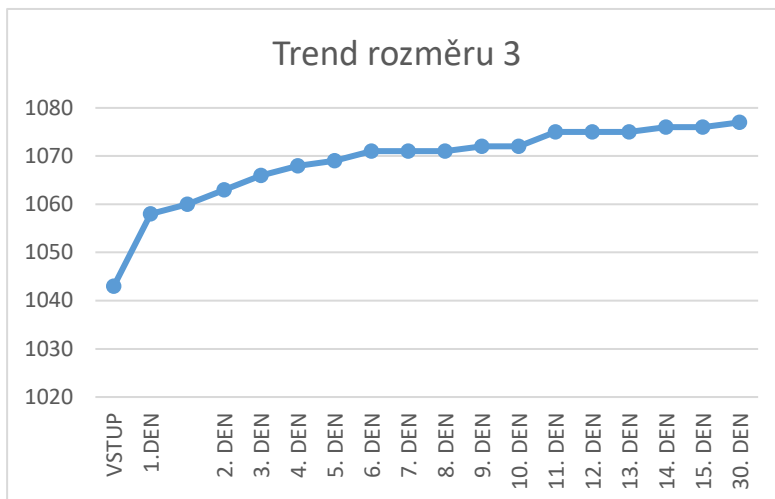
Graf 21 Trend tloušťky SK 381, aktuální nastavení stroje



Graf 20 Trend rozměru 1 SK 381, aktuální nastavení stroje



Graf 19 Trend rozměru 2 SK 381, aktuální nastavení stroje

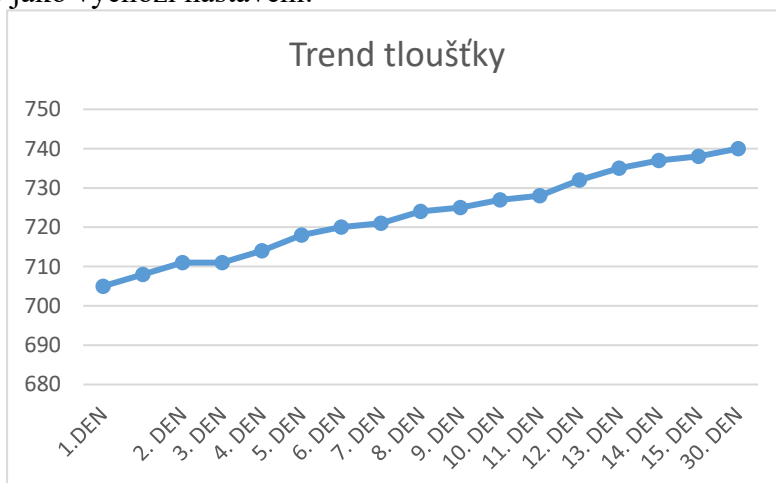


Graf 22 Trend rozměru 3 SK 381, aktuální nastavení stroje

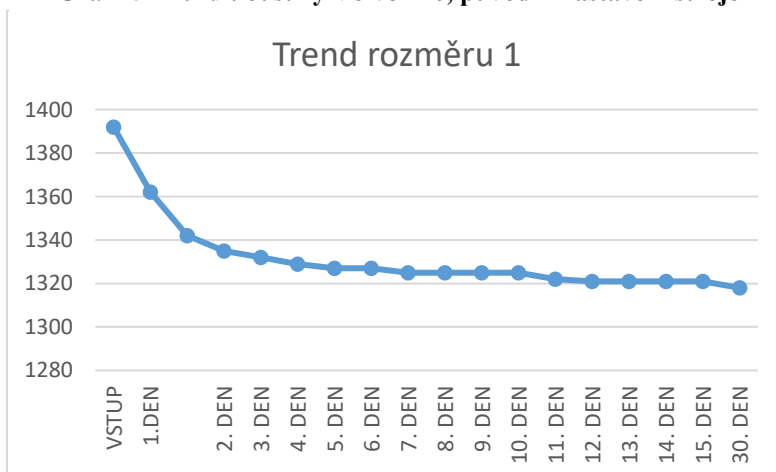
PŘÍLOHA č. 5

Sledování trendů rozměrů vzorku Volvo 426 původní nastavení stroje

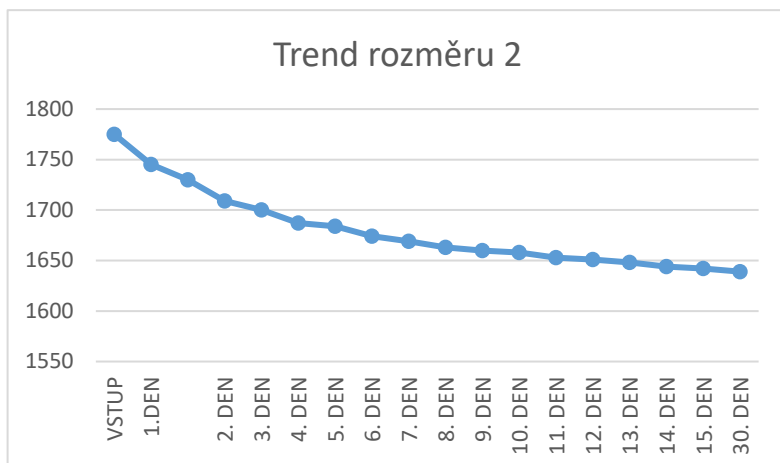
Stejně jako u měření vzorku SK 381 bylo měření původního nastavení stroje pro vzorek Volvo 426 bráno jako výchozí nastavení.



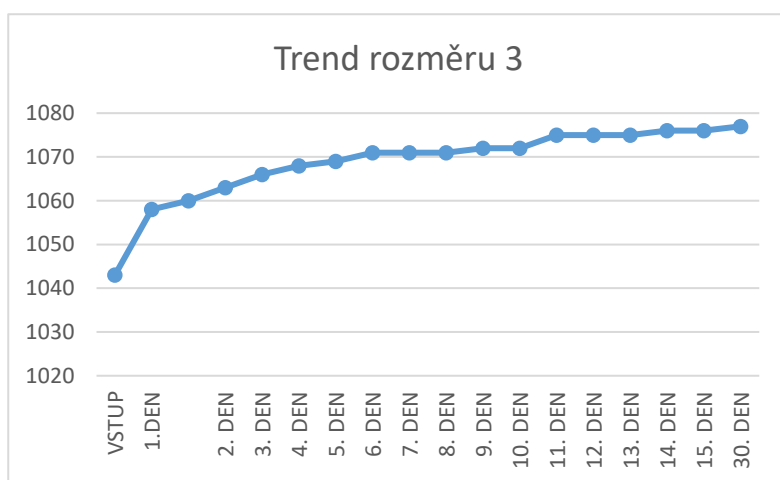
Graf 25 Trend tloušťky Volvo 426, původní nastavení stroje



Graf 28 Trend rozměru 1 Volvo 426, původní nastavení stroje



Graf 32 Trend rozměru 2 Volvo 426, původní nastavení stroje

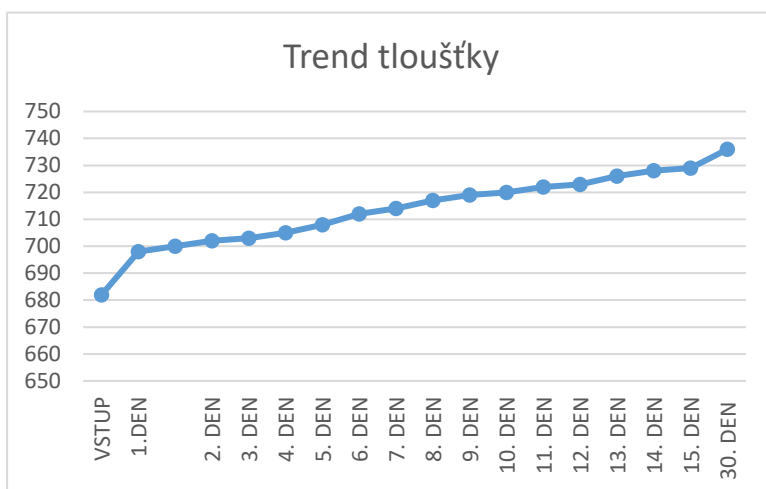


Graf 31 Trend rozměru 3 Volvo 426, původní nastavení stroje

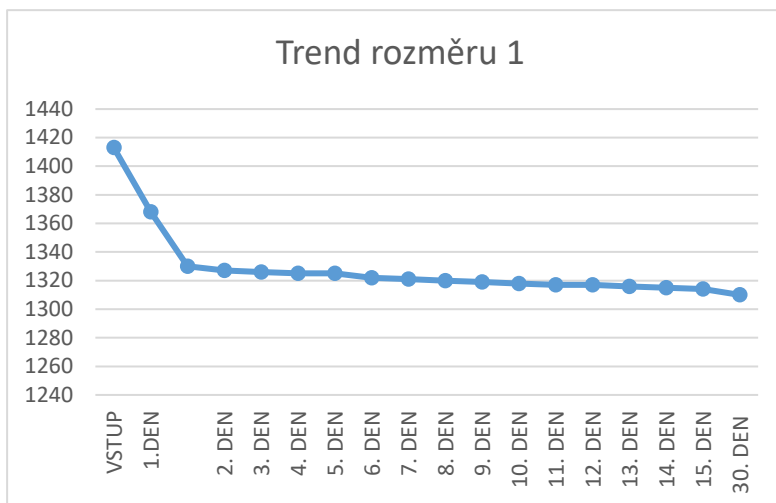
PŘÍLOHA č. 6

Sledování trendů rozměrů vzorku Volvo 426 nastavení stroje 1

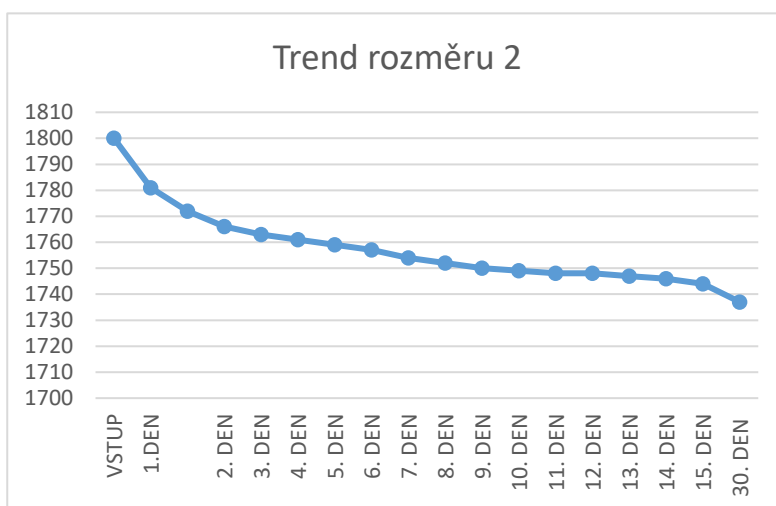
Změny rozměrů vzorku Volvo 426 nastavení stroje 1 jsou ve srovnání se změnami vzorku původního nastavení téměř stejné, pouze trend rozměru 1 je více skokový.



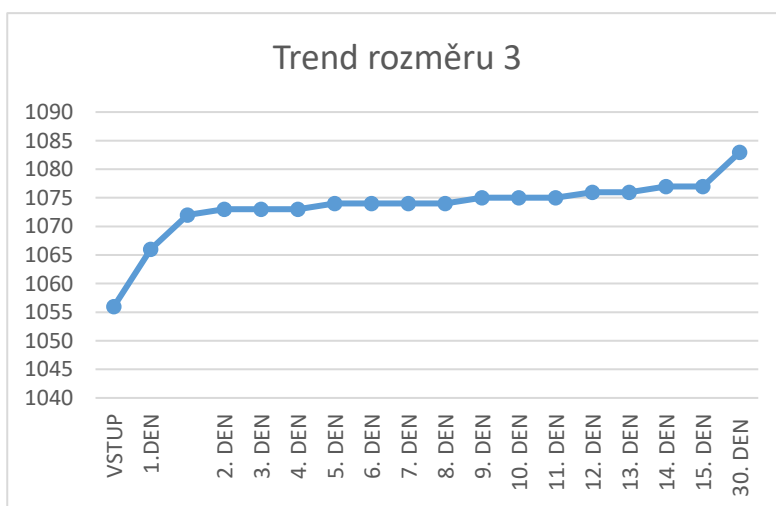
Graf 33 Trend tloušťky Volvo 426, nastavení stroje 1



Graf 35 Trend rozměru 1 Volvo 426, nastavení stroje 1



Graf 36 Trend rozměru 2 Volvo 426, nastavení stroje 1

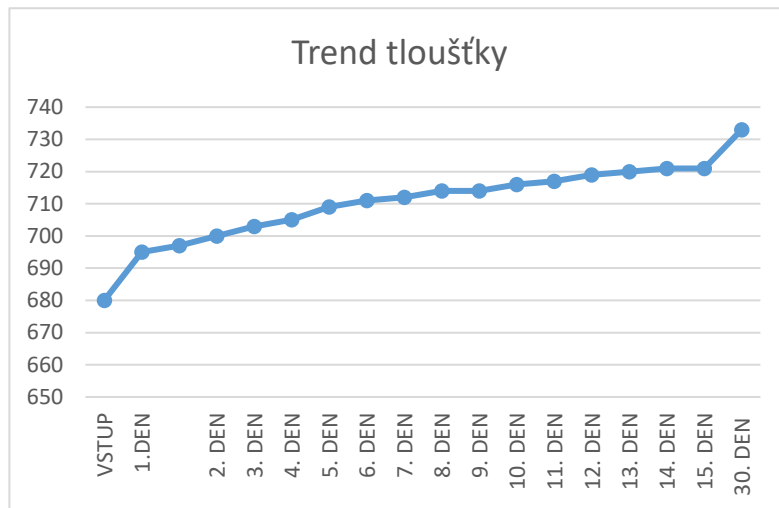


Graf 34 Trend rozměru 3 Volvo 426, nastavení stroje 1

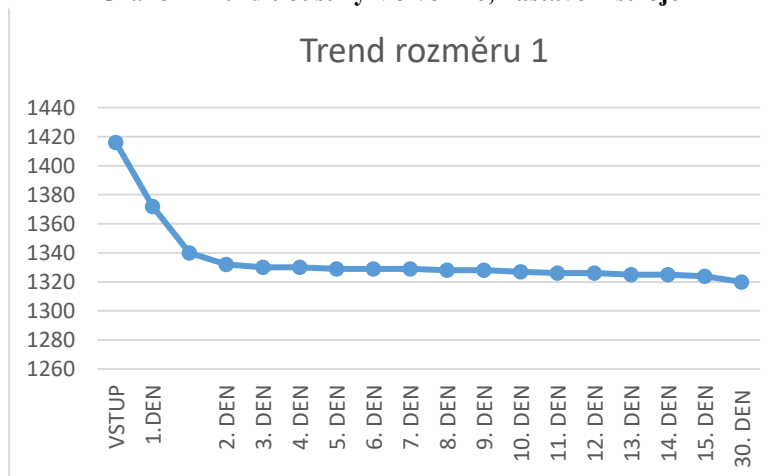
PŘÍLOHA č. 7

Sledování trendů rozměrů vzorku Volvo 426 nastavení stroje 2

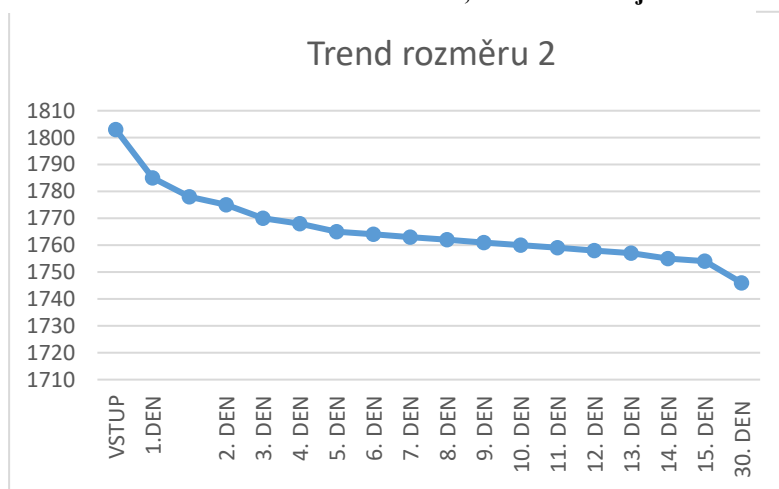
Změny rozměrů vzorku Volvo 426 nastavení stroje 2 jsou více lineární. To se však netýká změny rozměru 3, ke kterým došlo nejvíce v prvních dvou dnech.



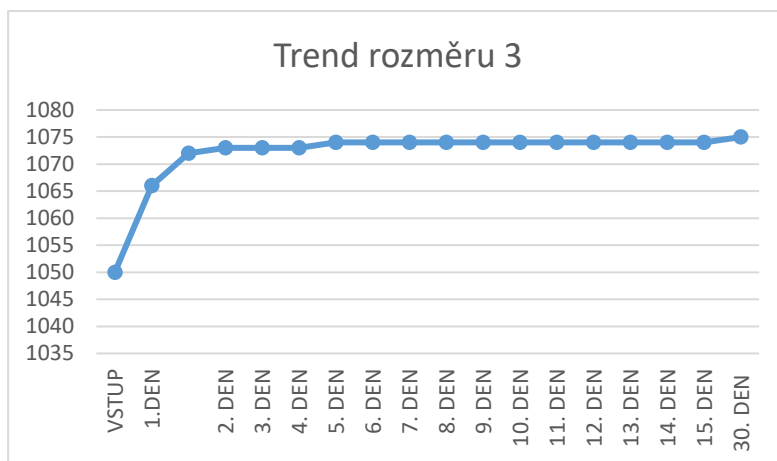
Graf 37 Trend tloušťky Volvo 426, nastavení stroje 2



Graf 39 Trend rozměru 1 Volvo 426, nastavení stroje 2



Graf 38 Trend rozměru 2 Volvo 426, nastavení stroje 2

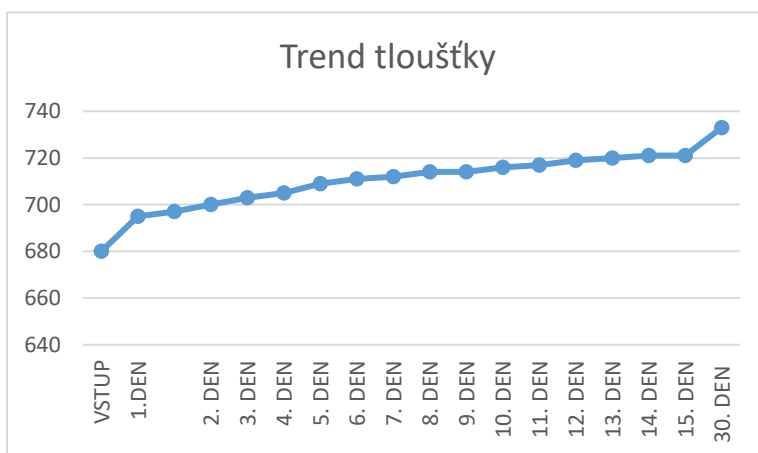


Graf 42 Trend rozměru 3 Volvo 426, nastavení stroje 2

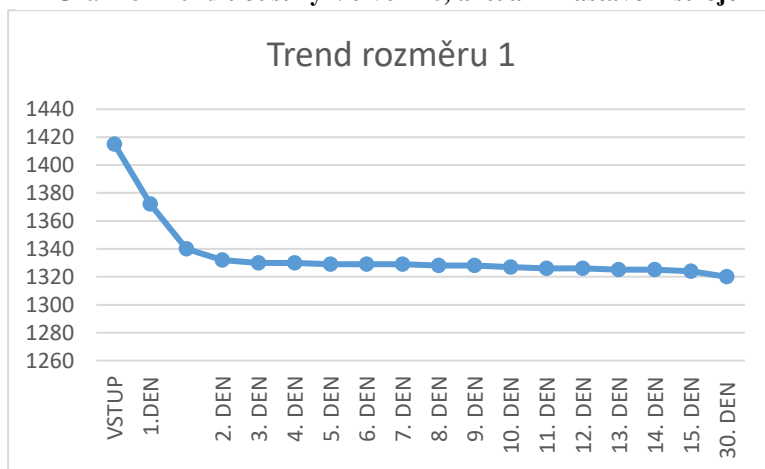
PŘÍLOHA č. 8

Sledování trendů rozměrů vzorku Volvo 426 aktuální nastavení stroje

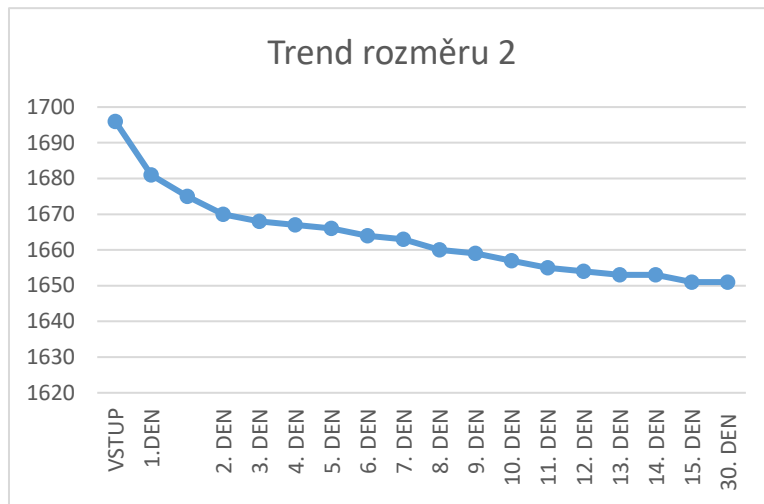
Změny rozměrů vzorku Volvo 426 aktuálního nastavení stroje. Změny jsou téměř identické jako u vzorku s nastavením stroje 2. Výsledky jsou téměř identické z toho důvodu, že dochází ke stejným změnám rozměru, ačkoliv došlo ke změnám v nastavení stroje, a to především v tažení a změněn rádiusu tažení.



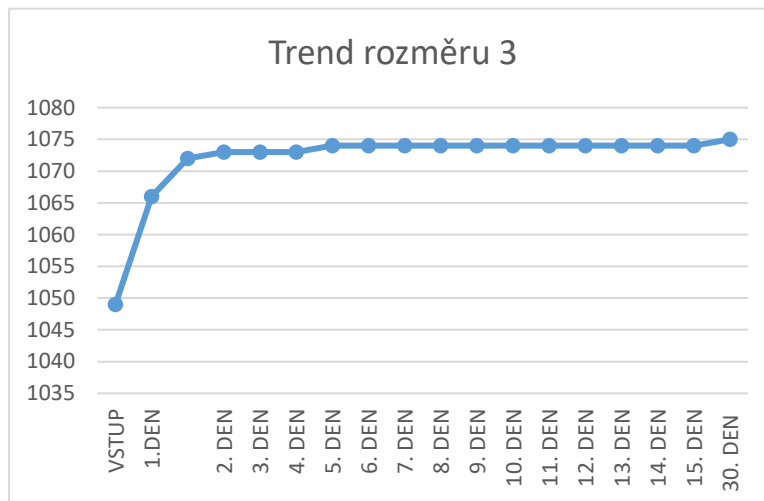
Graf 48 Trend tloušťky Volvo 426, aktuální nastavení stroje



Graf 45 Trend rozměru 1 Volvo 426, aktuální nastavení stroje



Graf 51 Trend rozměru 2 Volvo 426, aktuální nastavení stroje



Graf 52 Trend rozměru 3 Volvo 426, aktuální nastavení stroje