



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

AUTOMATICKÁ LINKA NA SPOJOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH LAMEL

AUTOMATIC PRODUCTION LINE FOR WOODER PLATE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN SÝKORA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM BLECHA, Ph.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Sýkora Jan

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení (2302T019)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Automatická linka na spojování dřevěných lamel

v anglickém jazyce:

Automatic production line for wooder plate

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Linka pro dopravu lamel k pile, kde dojde k proříznutí drážky určené pro vložení spojovací struny. Následně dojde k formátování na určitý tvar.

Tvar lamel a drážky je definován zadavatelem.

Cíle diplomové práce:

Navrhněte automatickou linku pro dopravu lamel, proveďte potřebné výpočty a vytvořte 3D model linky, kompletní výkresovou dokumentaci, ekonomické zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

Kolíbal, Zdeněk.: Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. VUT Brno 1993

Kolíbal, Zdeněk.: Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavíc a periferií VUT Brno 1993

Vedoucí diplomové práce: Ing. Radim Blecha, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 30.10.2007



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je vypracování konstrukčního návrhu Automatické linky na spojování dřevěných lamel. Práce obsahuje studii dvou variant řešení, základní výpočetní část, rozbor konstrukčních uzlů linky. V závěru je vypracováno ekonomické zhodnocení projektu. Práce dále obsahuje model linky a výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

poloautomatický, automatický, stavitelný, dopravník, pila

ABSTRACT

Subject of this diploma thesis is elaborate a constructional design of the Automatic production line for wooden plate. The thesis is including study of two various solutions, basic computation unit, construction analysis of the device line. In the end of the thesis is included an economic evaluation, model of the line and documentation drawings.

KEY WORDS

Semiautomatic, automatic, adjustable, conveyor, saw

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SÝKORA, J. *Automatická linka na spojování dřevěných lamel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 56 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Blecha, Ph.D.

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování DP a že jsem celou DP včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování DP jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím DP moje práce přijata.“

V Brně 23. května 2008

.....

Jan Sýkora

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval a vyslovil uznání všem, kteří mi pomáhali při vzniku této práce. Především Ing. Petru Sýkorovi, Ing. Jaroslavu Nikodýmovi a Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za jejich ochotu a cenné rady při konzultacích.

Děkuji také svým rodičům za veškerou pomoc, lásku a podporu při studiu na této škole.

OBSAH

ÚVOD.....	13
1. LAŤOVKOVÝ STŘED.....	14
1.1. Lepený laťovkový střed	14
1.2. Sypaný laťovkový střed.....	15
1.2.1. Laťovkový střed spojený motouzem	16
1.2.2. Laťovkový střed spojený tavným vláknem	16
2. ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ LAMEL	17
2.1. Strojní spojování dřevěných lamel	17
2.2. Manuální skládání dřevěných lamel.....	18
2.2.1. Manuální skládání na průběžný dopravník	18
2.2.2. Manuální skládání do formy.....	19
3. TECHNICKÁ SPECIFIKACE POLOTOVARU A VÝROBKU	20
4. POŽADOVANÝ ZPŮSOB SPOJENÍ DŘEVĚNÝCH LAMEL.....	21
5. FORMULACE ÚKOLU A CÍL ŘEŠENÍ.....	23
5.1. Formulace úkolu	23
5.2. Cíl řešení	23
6. ÚVODNÍ STUDIE.....	24
6.1. Potřeba	24
6.2. Požadavky kladené na zařízení	24
6.2.1. Požadovaný výkon linky	24
6.2.2. Automatický provoz	24
6.2.3. Spolehlivost	24
6.2.4. Soulad s právními normami.....	25
7. VARIANTY ŘEŠENÍ	26
7.1. Varianta 1	26
7.1.1. Technologický postup.....	26
7.2. Varianta 2	27
7.2.1. Technologický postup.....	28
7.3. Zhodnocení variant řešení	28
8. KONSTRUKČNÍ UZLY LINKY	29
8.1. Vstupní dopravník.....	30
8.1.1. Požadavky kladené na vstupní dopravník.....	30
8.1.2. Popis funkce uzlu.....	30
8.2. Podélná drážkovací pila a vtlačování silonové struny	31
8.2.1. Požadavky kladené na drážkovací pilu	31

8.2.2.	Popis funkce uzlu	31
8.3.	Příčná formátovací pila	32
8.3.1.	Požadavky kladené na příčnou formátovací pilu	32
8.3.2.	Popis funkce uzlu	32
8.4.	Výstupní stůl (akumulační)	33
9.	VÝPOČETNÍ ČÁST	34
9.1.	Výpočet řezných podmínek	34
9.1.1.	Výpočet řezných podmínek drážkovací pily.....	34
9.1.2.	Výpočet řezných podmínek příčné pily	36
9.2.	Návrh a výpočet pohonů.....	39
9.2.1.	Výpočet pohonů kotoučových pil	39
9.2.2.	Výpočet pohonu vstupního dopravníku	40
9.2.3.	Výpočet pohonu lineárního vedení příčné formátovací pily	40
10.	VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ LINKY	41
10.1.	Konstrukční řešení vstupního dopravníku	41
10.1.1.	Spodní vstupní dopravník	42
10.1.2.	Horní vtlačovací dopravník.....	43
10.2.	Konstrukční řešení drážkovací pily.....	44
10.2.1.	Nosná konstrukce	45
10.2.2.	Drážkovací jednotka	46
10.3.	Konstrukční řešení příčné formátovací pily	47
10.3.1.	Kotoučová pila	47
10.3.2.	Pojezdový mechanismus příčné formátovací pily	48
10.4.	Konstrukční řešení výstupního stolu	48
11.	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	49
	ZÁVĚR.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČEN	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	55
	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	56

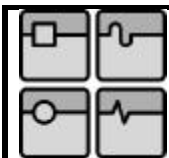
ÚVOD

S využitím moderní automatizační techniky se snaží provozovatelé výrobních linek nahradit lidský faktor. Tím chtějí docílit zvýšení výrobní kapacity provozu a snížení zmetkovitosti při výrobě na minimum. Možný způsob nahrazení lidského faktoru je např. dopravní technika, průmyslové manipulátory a roboty, jednoúčelové stroje apod.

Při výrobě moderních vícevrstvých dřevěných podlahových krytin je podíl lidské práce značně vysoký, z toho důvodu se snaží výrobci zavádět do procesu výroby prvky nebo automatizované celky výrobních linek. Jednu z uzlů částí strojního vybavení při výrobě polotovaru pro dřevěné podlahové krytiny řeší předložená diplomová práce.

Diplomová práce se zabývá způsobem výroby základního polotovaru – střední vrstvy (laťovkového středu). Jejím výsledkem je návrh automatizovaného uzlu pro výrobu laťovkového středu. I když není řešen automatizovaný vstup materiálu a výstup polotovaru, může být toto řešení dle výsledného výkonového a ekonomického zhodnocení při výrobě laťovkových středů přínosem.

Hlavními kritérii při řešení diplomové práce bylo navrhnout zařízení, které bude spolehlivé a tím byl ovlivněn výběr strojních komponentů. Rovněž návrhem tuhé a robustní konstrukce jsem se snažil dosáhnout maximální provozní spolehlivosti zařízení.



1. LAŤOVKOVÝ STŘED

Laťovky jsou překližované materiály, vyrobené jednostranným nebo oboustranným překližením – opláštěním laťkového středu dýhami. Laťkový střed je vyroben nejčastěji ze smrkového nebo jedlového řeziva, jako vrchní dýhy se používají dýhy ze smrku, topolu, osiky, břízy nebo buku.

Položme si otázku: „Co jsou spojené dřevěné lamely?“

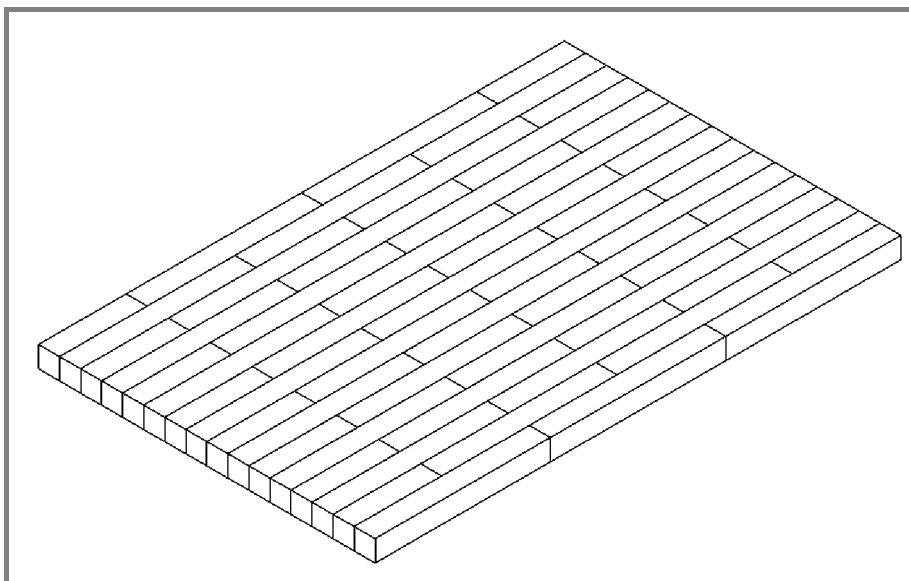
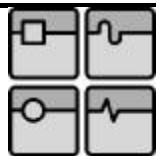
Je to určité množství dřevěných lamel spojených do tvaru, který slouží jako polotovar k dalšímu zpracování např. opláštění dýhami = laťkový střed. Dle typu konstrukce, technologie a použití můžeme laťkový střed rozdělit na:

- lepený laťkový střed
 - spojení natupo

- sypaný laťkový střed
 - spojení motouzem
 - tavným vláknem

1.1. Lepený laťkový střed

Je to konstrukční deska nebo polotovar, vyrobený slepováním užších přířezů z jehličnatého nebo listnatého řeziva na šířku. Tento způsob je znám již z dávné minulosti, používá se hlavně při výrobě nábytku. Jeho výroba spočívá pouhým slepením rostlého dřeva, z něhož byly odstraněny nedovolené vady (suky, trhliny, atd.). Zachovávají si v plném rozsahu všechny kladné vlastnosti dřeva, hlavně pevnost a pružnost, zároveň však i nepříznivé vlastnosti, jako náchylnost na rozměrovou a tvarovou nestabilitu při změnách vlhkosti. Tento střed můžeme v průmyslu též poznat pod názvem truhlářská nebo modelářská spárovka. Tímto způsobem se spojují lamely tloušťek od 10 až do 50mm. Tyto výrobky jsou vhodné zejména jako polotovar pro výrobu masivního nábytku, schodišťových nášlapů a podobných interiérových nebo stavebních doplňků.

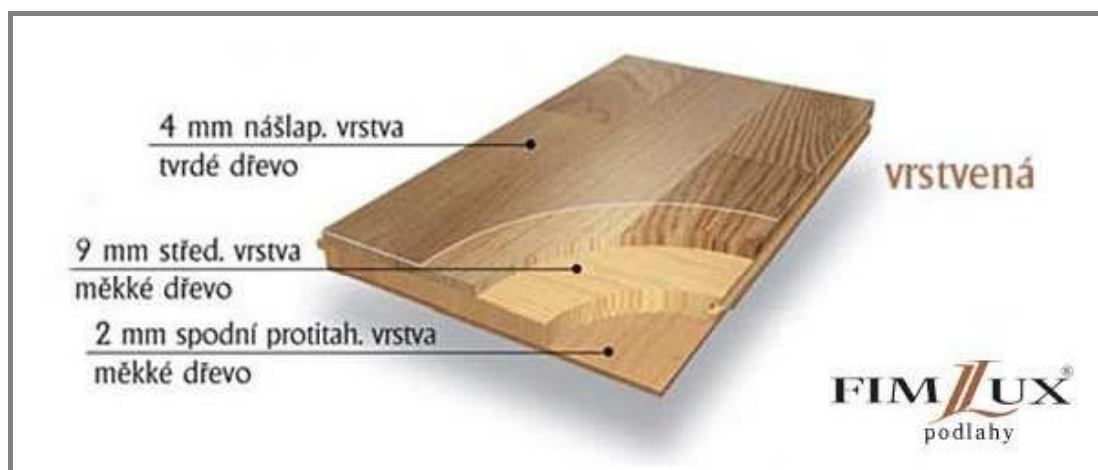


Obr.1-1 Lepený laťovkový střed (spárovka)

1.2. Sypaný laťovkový střed

Tento druh středu není oproti lepenému středu trvale spojen, ale k vzájemné soudržnosti dřevěných lamel napomáhá buď motouz nebo silonová struna. Sypaný laťovkový střed se oproti lepenému laťovkovému středu nepoužívá samostatně, protože není dostatečně pevný, ale pouze soudržný k dalším operacím. Následující operací, což je jednostranné, nebo oboustranné opláštění dýhou, docílíme pevné soudržnosti lamel a získáme výsledný polotovár k dalším operacím, které mohou být např. při výrobě dřevěných třívrstvých podlahových krytin.

Nejvíce se tento typ středu využívá při výrobě vícevrstvých dřevěných podlahových krytin. Tady slouží jako střední vrstva, zvaná též jádro obr.1-2. Využití nachází také v truhlářské výrobě.



Obr.1-2 Řez dřevěnou třívrstvou lamelou [14]

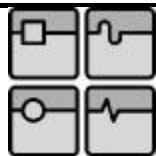
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1.2.1. Laťovkový střed spojený motouzem

Střed je vyroben z bočního smrkového nebo jedlového řeziva, vysušeného na vlhkost 6-8%, tloušťkově srovnaného a potom rozřezaného na lamely, které se sesazují do nekonečného pásu o určité šířce. Přes lamely se frézují drážky pro motouz vzdálené od sebe max. 50 cm, hluboké do max. 1/3 tloušťky středu, užší o 0,5 mm než tloušťka motouzu. Do drážek se následně po vyfrézování drážky vtlačuje spojovací motouz. Na formáty jednotlivých středů se nekonečný pás latěk rozdělí příčným rozřezáním. Na střed se lepí dýhy tloušťky obvykle 2,5; 3,0; nebo 4 mm..

1.2.2. Laťovkový střed spojený tavným vláknem

Technologie je podobná jako u motouzového středu. Opracované latky se sesazují na sesazovacím stroji a automaticky se převazují tavným vláknem, které se při lisování laťovky za horka roztaví.



2. ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ LAMEL

2.1. Strojní spojování dřevěných lamel

Na trhu dřezozpracujících a dřevoobráběcích strojů se linky na spojování lamel vyskytují zřídka. Jsou to stroje, které můžeme zařadit do kategorie speciální nebo jednoúčelové. Samostatný výrobní uzel na spojování dřevěných lamel můžeme vidět při výrobě spárovky nebo při výrobě sypaného laťovkového středu. V ostatních případech jde o uzel rozsáhlé výrobní linky.

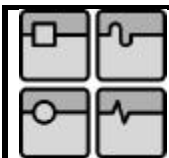
Na obr.2-1, 2-2 je případ části linky na spojování dřevěných lamel pomocí motouzu (sypaný laťovkový střed), který používá ve své výrobě podnik PLOMA a.s [4]. Jedná se o spojení dřevěných lamel metodou „cink“.



Obr.2-1 Linka na spojování dřevěných lamel motouzem [4]

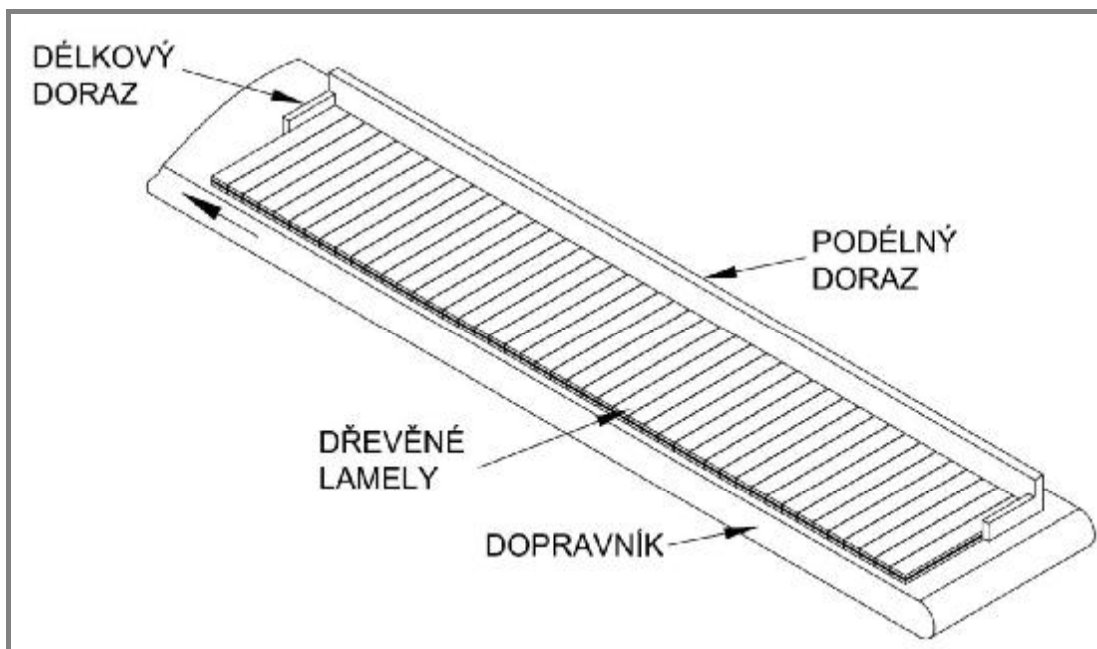


Obr.2-2 Linka na spojování dřevěných lamel motouzem [4]



2.2. Manuální skládání dřevěných lamel

2.2.1. Manuální skládání na průběžný dopravník



Obr.2-3 Přípravek na průběžném dopravníku [4]

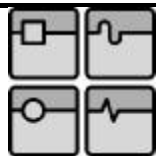
Na obr.2-3 je schématicky znázorněn způsob výroby jednostranně dýhovaného laťovkového středu, který slouží jako polotovár pro výrobu dřevěných třívrstvých podlah. Princip výroby spočívá ve skládání dřevěných lamel na cyklicky se pohybující dopravník. V první fázi obsluha naskládá lamely do požadované délky polotovaru. Na vyskládané lamely položí dýhu, která je těsně před položením opatřena vrstvou lepidla. Ve druhé fázi je sestava lamel a dýhy přesunuta do taktovacího lisu. Po uzavření lisu začne obsluha skládat další sestavu lamel.

Výhody:

- jednoduchá manipulace
- kontinuální výroba

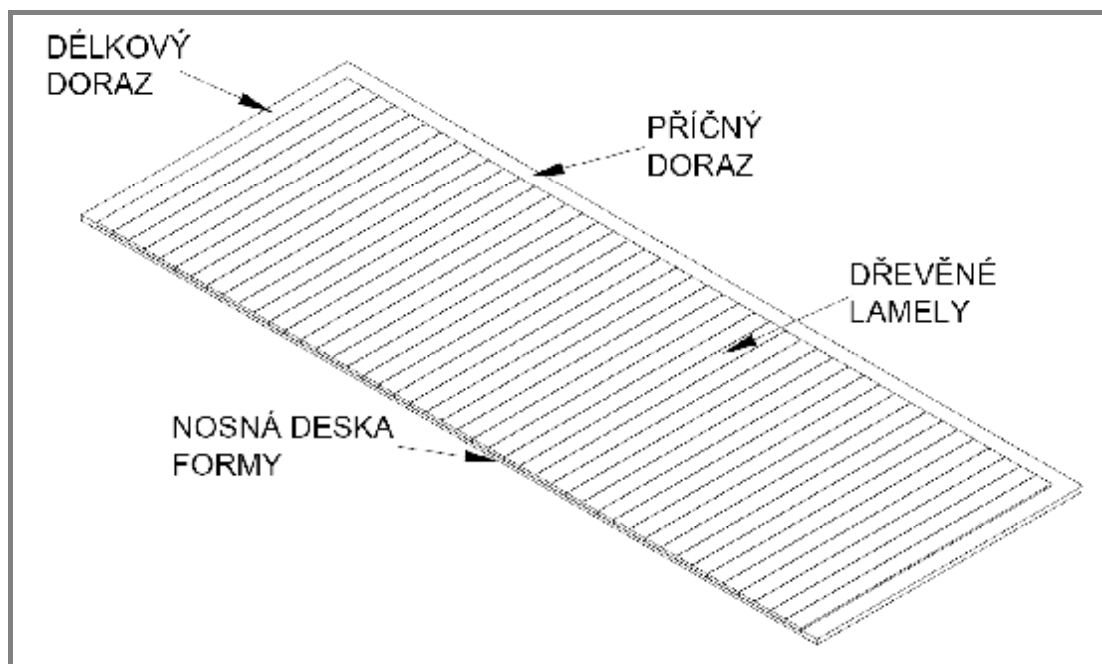
Nevýhody

- manuální výroba
- výrobní kapacita závislá od šikovnosti obsluhy



2.2.2. Manuální skládání do formy

Dřevěné lamely jsou vkládány do „forem“, které slouží jako nosný prvek při manipulaci. Po naskládání lamel do formy je celek protažen nanášečkou lepidla. Na stranu opatřenou tenkou vrstvou lepidla je položena dýha. Celek je vložen do lisu.



Obr.2-4 Přípravek jako forma

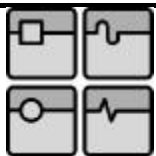
Výhody:

- Jednoduchost

Nevýhody

- manuální výroba
- výrobní kapacita závislá od šikovnosti obsluhy
- nutnost použít formy

Výše popsané metody se používají především v provozech, kde se vyrábí sypaný laťkový střed dýhovaný z jedné strany jako polotovár sloužící k výrobě dřevěných třívrstevných podlahových nášlapů.



3. TECHNICKÁ SPECIFIKACE POLOTOVARU A VÝROBKU

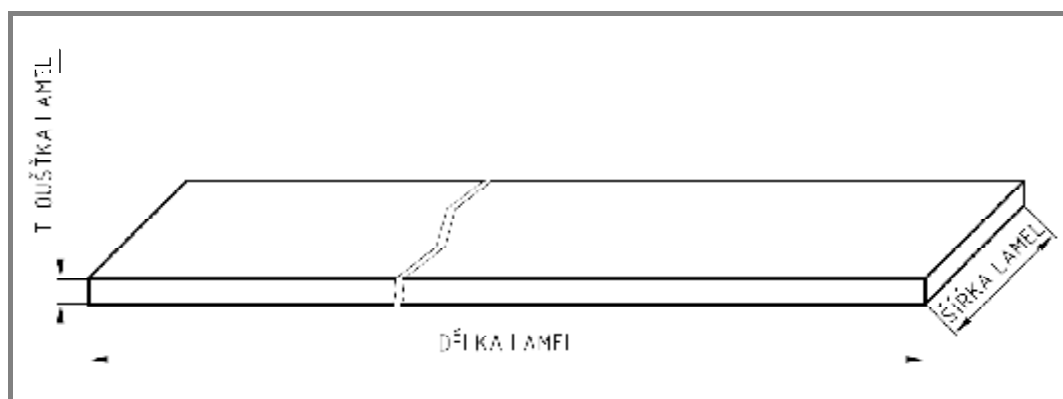
Délka lamel: 400mm, 945mm, 960mm, 1140mm

Šířka lamel: 22 až 50mm

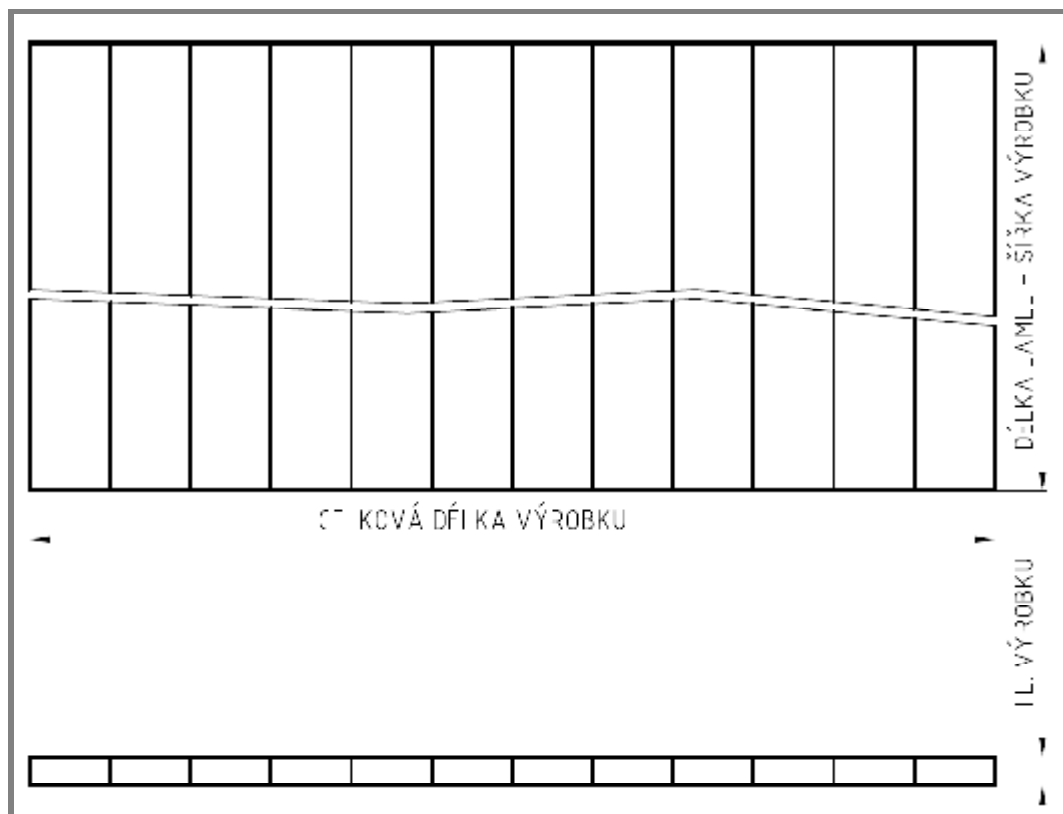
Tloušťka lamel: 9mm

Celková délka výrobku: 2250mm

Obr.3-1 znázorňuje rozměr dřevěných lamel, obr.3-2 výsledný rozměr výrobku složen z n-tice lamel



Obr.3-1 Dřevěná lamela



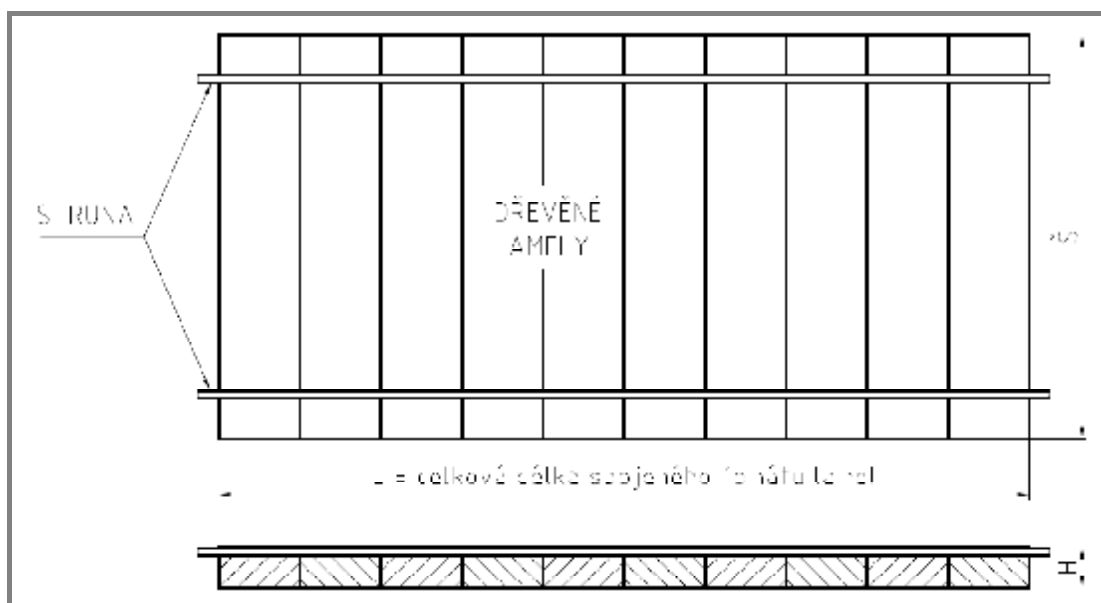
Obr.3-2 Celkový formát výrobku

4. POŽADOVANÝ ZPŮSOB SPOJENÍ DŘEVĚNÝCH LAMEL

Výsledný formát výrobku je složen z rovnoběžně, příčně vyskládaných dřevěných lamel. Lamely se připravují rozmítáním délkově nakrácených desek, přičemž jejich tloušťka určuje výslednou šířku lamely. Tloušťka lamely je určena roztečí rozmítacích pil. Pro výrobu podlahových laťovkových středů se používá jednotná tloušťka 9mm. Délka lamely určuje výslednou šířku laťovkového středu.

Soudržnost vyskládaných lamel bude zajištěna silonovou strunou vtlačenou do drážky, která bude prořezána ve dvou místech napříč lamelou.

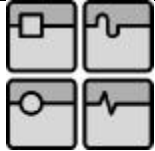
Na obr.5 je schématicky znázorněn způsob spojení pomocí silonové struny. Výrobek slouží jako nosná vrstva při výrobě třívrstvých dřevěných podlah.



Obr.4-1 Způsob spojení dřevěných lamel

Laťovkový střed slouží jako výchozí polotovár při výrobě vícevrstvých dřevěných podlahových krytin. Na rozdíl od předešlého případu sypaného laťovkového středu se používají lamely stejné délky, které se skládají rovnoběžně vedle sebe a kolmo k celkové délce spojeného formátu. I v tomto případě se k mezioperačním spojení lamel používá drážka s motouzem nebo silonovou strunou.

Hlavní nevýhodou této metody je nutnost aby všechny použité lamely byly nařezané ve stejné délce a bez vad. To zvyšuje nároky na kvalitu vstupního řeziva a množství odpadu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 22
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Pro snížení odpadu se nabízí možnost vadné lamely vyzdravět. Tím se sice sníží množství odpadu ale na druhé straně rostou nároky na manipulaci s vadnými lamelami, na skladovací plochy a v neposlední řadě na pracovní sílu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. FORMULACE ÚKOLU A CÍL ŘEŠENÍ

5.1. Formulace úkolu

Návrh dvou variant řešení výrobní linky na spojování dřevěných lamel. Dřevěné lamely budou dopravovány přes pilu, kde dojde k proříznutí drážky a následnému vtlačení spojovací silonové struny, která zajistí soudržnost lamel pro manipulaci s polotovarem v následných operacích. Po spojení lamel silonovou strunou bude celek zkrácen na potřebné délky příčnou formátovací pilou

5.2. Cíl řešení

Návrh linky na spojování dřevěných lamel a postupné řešení jednotlivých uzlů.

- doprava lamel před pilu
- proříznutí lamel a následné vtlačení spojovací silonové struny (slouží k soudržnosti více lamel v určitý formát).
- zkrácení formátu na konečnou požadovanou délku výrobku

6. ÚVODNÍ STUDIE

Navržení dvou možných variant konstrukčního řešení linky na spojování dřevěných lamel a výběr jedné varianty k následnému detailnějšímu řešení.

6.1. Potřebnost

Hlavním důvodem pořízení automatické linky na spojování dřevěných lamel je navýšení výrobních kapacit oproti stávajícímu způsobu výroby zadavatele (manuální skládání do forem) a současně možnost omezení manuální práce.

Při dosavadní manuální výrobě laťovkového středu se dosahuje výkonu přibližně 900 běžných metrů polotovaru za jednu směnu.

6.2. Požadavky kladené na zařízení

6.2.1. Požadovaný výkon linky

Zařízení musí přesahovat minimálně dvojnásobně dosavadní výrobní kapacity provozu, což je alespoň 1800 běžných metrů spojených lamel za směnu. Při současné úspoře minimálně dvou pracovních sil.

6.2.2. Automatický provoz

Zákazník požaduje automatický provoz linky při spojování dřevěných lamel. I když v určité míře se jedná o poloautomatický provoz, protože vždy na vstupu musí obsluha vkládat dřevěné lamely a na výstupu odebírat hotový formát spojených lamel.

6.2.3. Spolehlivost

Při návrhu a konstrukčním řešení zařízení je důležité brát na zřetel na jeho spolehlivost a tomu podřídit výběr vhodných komponentů.

Minimální doba životnosti celé linky by měla být 10 let.

6.2.4. Soulad s právními normami

Aby bylo vůbec možné stroj provozovat, je nutné splnit všechny povinnosti vycházející ze zákonů, nařízení vlády, směrnic EU a norem.

Zákony

22/1997 Sb. (novely 71/2000Sb., 205/2002 Sb.) zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

102/2001 Sb. O všeobecné bezpečnosti výrobku

Nařízení vlády

n.v. 24/2003 Sb. Technické požadavky na strojní zařízení (98/37/ES)

n.v. 17/2003 Sb. Požadavky na rozvody nízkého napětí (73/23/EHS)

n.v. 18/2003 Sb. Elektromagnetická kompatibilita (89/336/EHS)

Směrnice EU

2006/42/ES Strojní zařízení
(platnost v EU od 30.6.2006, nejpozději od 29.12.2009)

Normy ČSN

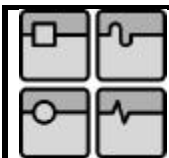
ČSN EN 12100 Bezpečnost strojních zařízení

ČSN EN 1050 Bezpečnost strojních zařízení – Zásady pro stanovení rizikovosti

ČSN EN 954 Bezpečnostní části řídicích systémů

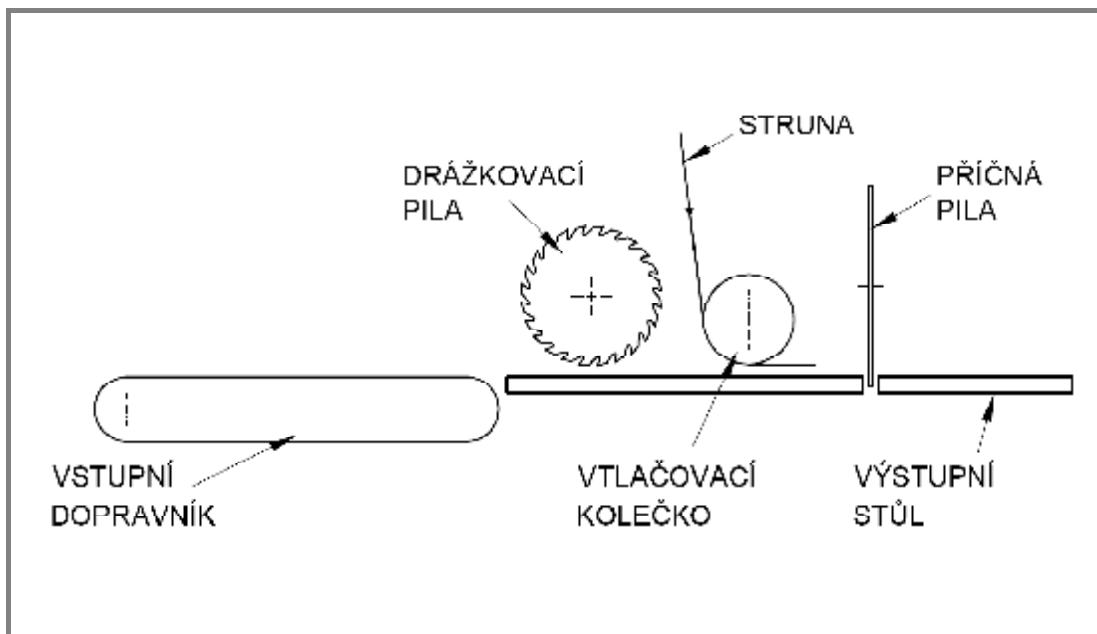
ČSN EN 294 Bezpečnost strojních zařízení. Bezpečné vzdálenosti k zabránění dosahu k nebezpečným místům horními končetinami.

ČSN EN 394 Bezpečnost strojních zařízení. Nejmenší mezery k zamezení stlačení části lidského těla.



7. VARIANTY ŘEŠENÍ

7.1. Varianta 1



Obr.7-1 Varianta řešení č.1

Linka varianty 1 se skládá z těchto uzlů (Obr.7-1).

- vstupní dopravník
- drážkovací pila a vtláčovací kolečko silonové struny
- příčná formátovací pila
- výstupní stůl

7.1.1. Technologický postup

Na vstupní dopravník jsou vkládány dřevěné lamely konstantní délky a tloušťky. Šíře lamel může být různá a je závislá na tloušťce použitých přířezů před rozmítáním. Nashromážděné a seřazené lamely se srovnají v příčném i v podélném směru. Poté jsou dopravníkem vtlačovány k pile, kde dojde k postupnému proříznutí drážky a následnému vtlačení spojovací silonové struny, která zajistí následnou soudržnost lamel. Po spojení potřebného počtu lamel se podélný posuv zastaví a uvede se v činnost formátovací pila, která odřízne požadovanou délku polotovaru. Jakmile se formátovací pila vrátí zpět do výchozí polohy, dojde k opětovnému uvedení chodu podélného posuvu.

Odříznutá část je odebrána a uložena na paletu.

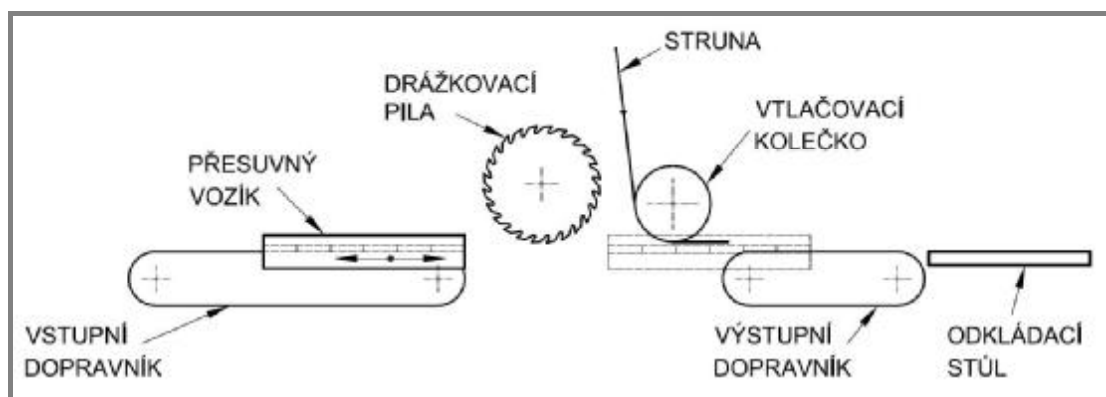
Výhody

- malé rozměry linky délka max.5000mm
- možnost výroby různých šířek polotovaru
- možnost výroby libovolné délky polotovaru

Nevýhody

- cyklický provoz linky

7.2. Varianta 2



Obr.7-2 Varianta řešení č.2

Linka varianty 2 je složena z těchto uzlů (Obr.7-2)

- vstupní dopravník
- přesuvný vozík
- drážkovací pila a vtlačovací kolečko silonové struny
- výstupní dopravník
- odkládací stůl

7.2.1. Technologický postup

Na vstupní dopravník jsou vkládány jednotlivé dřevěné lamely, které jsou dopravovány a seřazovány k přesuvnému vozíku. Po seřazení požadované délky výrobku dojde k šířkovému zarovnání a následným pohybem přesuvného vozíku jsou lamely dopraveny k drážkovací pile, kde dojde k proříznutí drážky a následné vtlačení spojovací struny. Poté je pomocí výstupního dopravníku celý formát výrobku dopraven na odkládací stůl, kde dochází k manuálnímu odběru na paletu a vozík se vrací zpět do výchozí polohy. Celý cyklus se takto neustále opakuje.

Výhody

- kontinuální provoz linky
- není nutnost použití formátovací pily

Nevýhody

- složité přestavování při změně rozměrů výrobku
- velké zastavbové rozměry linky
- složitější konstrukce

7.3. Zhodnocení variant řešení

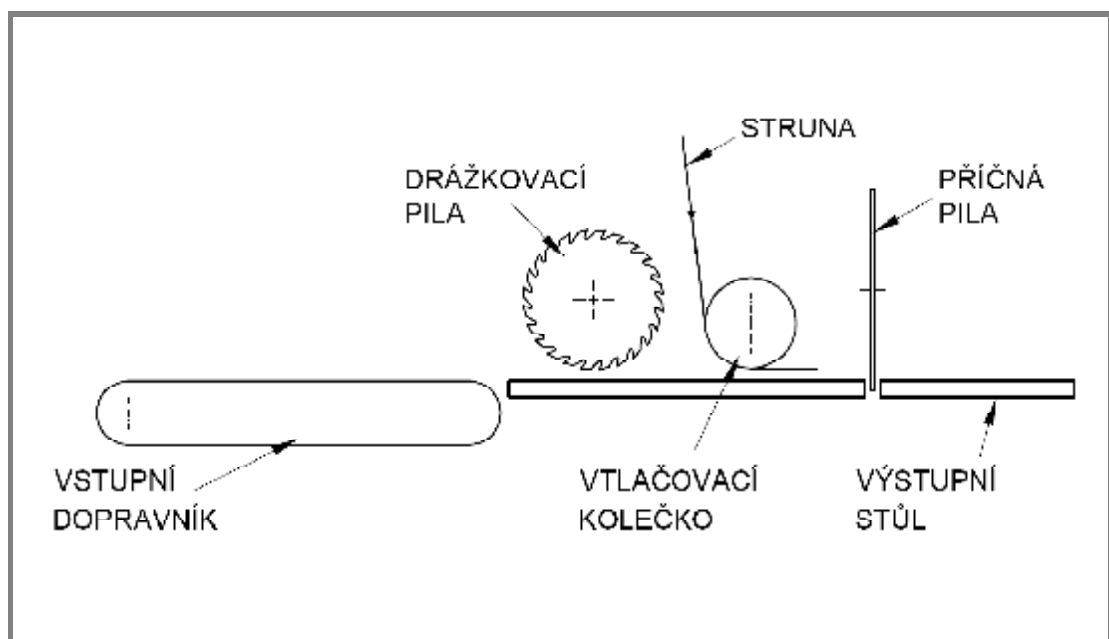
Dle jednotlivých výhod a nevýhod variant řešení lze vytvořit různé závěry. Popsané varianty se liší především způsobem dopravy a manipulace s dřevěnými lamelami. Varianta 1 má oproti variantě 2 použitou ještě formátovací pilu. Velkou nevýhodou varianty 2 je složitá přizpůsobitelnost výroby různým šířkám a délkám celého formátu výrobku, což je jedním z požadavků kladených na návrh konstrukce linky.

Proto je řešení dle varianty č.1 pro konstrukci zařízení vhodnější.

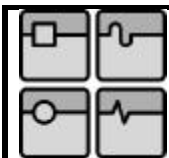
8. KONSTRUKČNÍ UZLY LINKY

Linka na spojování dřevěných lamel se skládá z těchto konstrukčních uzlů (Obr.8-1)

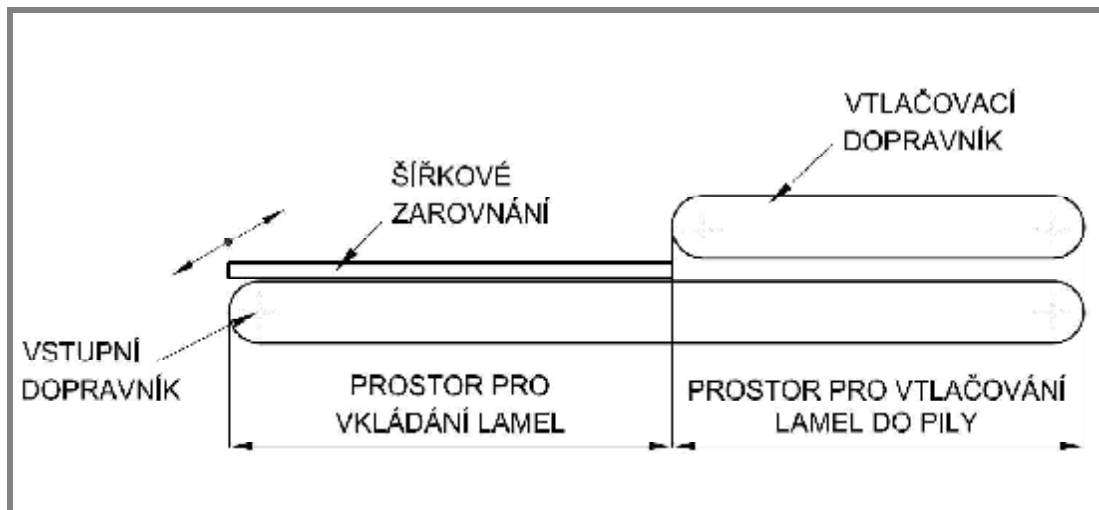
- vstupní dopravník
- drážkovací pila a vlačovací kolečko silonové struny
- příčná formátovací pila
- výstupní stůl



Obr.8-1 Technologické schéma linky



8.1. Vstupní dopravník



Obr.8-2 Vstupní dopravník

Jedním z hlavních pracovních uzlů linky je vstupní dopravník, který je složen ze dvou částí. (Obr.8-2)

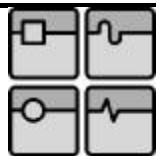
- prostoru pro vkládání lamel
- prostoru pro vtlačování lamel do pily

8.1.1. Požadavky kladené na vstupní dopravník

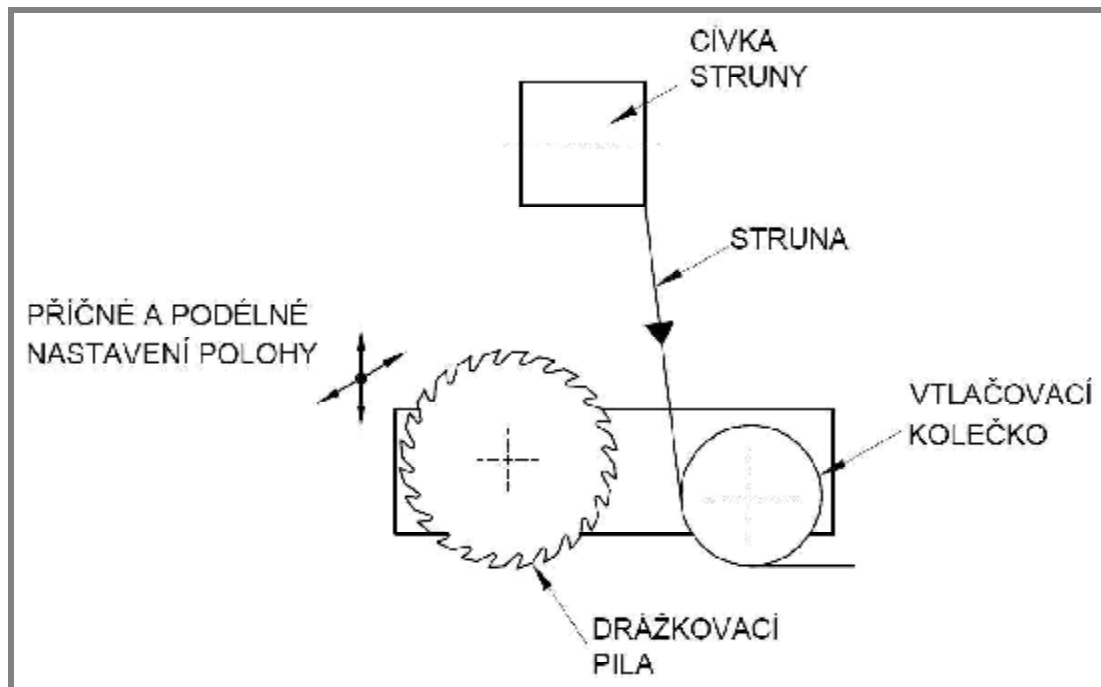
- jedna pohyblivá bočnice pro šířkové zarovnání výrobku a druhá stavitelná bočnice pro možnost přizpůsobení různým rozměrům výrobku
- výšková stavitelnost vtlačovacího dopravníku

8.1.2. Popis funkce uzlu

Na začátku celého procesu vkládá obsluha linky postupně jednotlivé dřevěné lamely na pásový dopravník. Dřevěné lamely mají pro daný výrobní rozměr výstupního polotovaru stejnou délku, tloušťku a šířku. Na pásovém dopravníku dochází k postupnému seřazení lamel. Následně pomocí výškově stavitelného vtlačovacího dopravníku jsou seřazené a zarovnané lamely vtlačovány do prostoru drážkovací pily.



8.2. Podélná drážkovací pila a vtlačování silonové struny



Obr.8-3 Drážkovací pila a vtlačování silonové strun

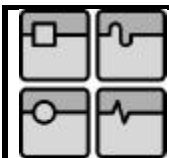
Za nejdůležitější pracovní uzel celé linky můžeme požadovat drážkovací pilu společně s vtlačováním silonové struny. (Obr8-3)

8.2.1. Požadavky kladené na drážkovací pilu

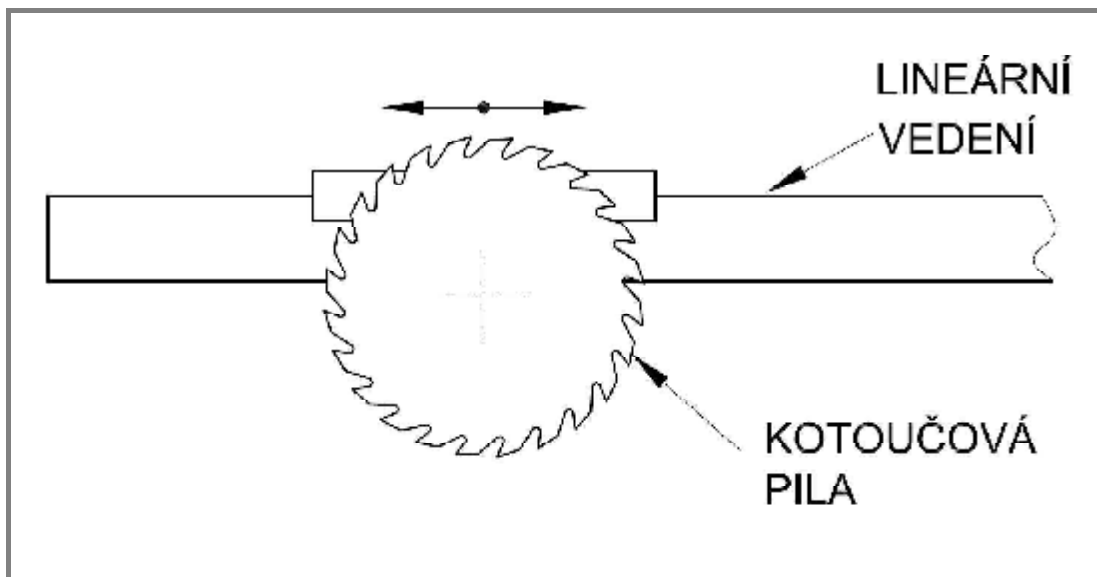
- výšková stavitelnost celé soustavy
- příčná stavitelnost polohy celé soustavy (pro různé formáty výrobku)
- výškově stavitelná poloha vtlačovacího kolečka
- krytování pilového kotouče, zajištění bezpečnosti provozu

8.2.2. Popis funkce uzlu

Ze vstupního dopravníku jsou seřazené a zarovnané lamely vtlačeny k drážkovací pile, kde dochází k postupnému proříznutí drážky do seřazených lamel. Do proříznuté drážky je pomocí výškově stavitelného vtlačovacího kolečka zamáčknuta silonová struna, která zajišťuje kompaktnost celého výrobku. Silonová struna je namotána na cívce a přivedena ke vtlačovacímu kolečku soustavou vodících ok. To umožňuje, aby byla cívka s návinem silonové struny umístěna na vhodném místě a tak byla z důvodů snadné výměny prázdné cívky pohodlně přístupna obsluze.



8.3. Příčná formátovací pila



Obr.8-4 Příčná formátovací pila

Příčná formátovací kotoučová pila slouží k zakracování výrobku na určenou délku výrobku. (Obr.8-4)

8.3.1. Požadavky kladené na příčnou formátovací pilu

- plynulý a hladký chod pily
- krytování pilového kotouče, zajištění bezpečnosti provozu
- zajištění odsávání pilin z pracovního prostoru kotoučové pily

8.3.2. Popis funkce uzlu

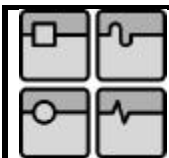
Po dosažení potřebné délky spojených lamel je zastaven posuv vtláčovacího dopravníku. Následně je uveden v činnost pohon lineárního vedení nesoucí příčnou formátovací pilu, kterou je oddělen požadovaný kus spojených lamel. Po oddělení výrobku se pila vrací do výchozí polohy. Pohon pily bude z důvodů krátkých intervalů mezi jednotlivými řezy ve stálém chodu.

8.4. Výstupní stůl (akumulační)

Odkládací stůl zajišťuje pohodlný odběr výrobku na paletu.

Požadavky kladený na výstupní stůl

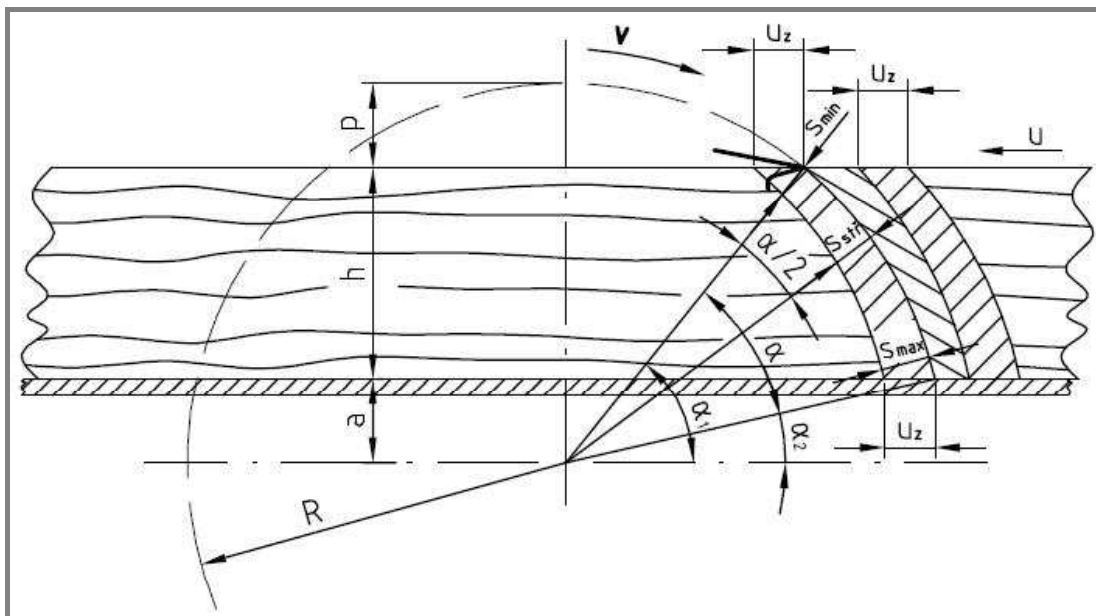
- robustní konstrukce
- dostatečný prostor pro odběr výrobku



9. VÝPOČETNÍ ČÁST

9.1. Výpočet řezných podmínek

9.1.1. Výpočet řezných podmínek drážkovací pily



Obr.9- 1 Schéma řezného procesu

K proříznutí drážky do dřevěných lamel je použit drážkovací pilový kotouč s plátky ze slinutého karbidu výrobce G.D.A.[10]. Jedná se o tenký pilový kotouč s označením LF140113024CR tloušťky zubů 1,1mm, řezného průměru $D=140\text{mm}$ a maximálních řezných podmínek $n=1200\text{ min}^{-1}$

Otáčky pilového kotouče

$$n_1 = 2750\text{ min}^{-1}$$

Průměr pilového kotouče

$$D_1 = 140\text{mm}$$

Počet zubů pilového kotouče

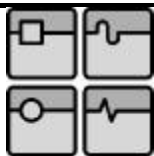
$$z_1 = 24\text{ zubů}$$

Obvodová rychlost pilového kotouče

$$v_1 = \pi \cdot D_1 \cdot n_1$$

$$v_1 = \pi \cdot 140 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 2750\text{ min}^{-1}$$

$$v_1 = 1209,5\text{m} \cdot \text{min}^{-1} = \underline{\underline{20,15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$



Posuv na zub

$$u_{z1} = 0,15 \text{ mm / zub}$$

Rozteč zubů

$$t_1 = \frac{D_1 \cdot \pi}{z_1}$$

$$t_1 = \frac{140 \text{ mm} \cdot \pi}{24}$$

$$t_1 = 18,326 \text{ mm}$$

Posuv

$$u_1 = u_{z1} \cdot n_1 \cdot z_1$$

$$u_1 = \frac{0,15 \text{ mm} \cdot 10^{-3} \cdot 2750 \text{ min}^{-1} \cdot 24}{60}$$

$$u_1 = \underline{\underline{0,165 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Střední tloušťka třísky

$$b_1 = 1,1 \text{ mm} \quad \text{šířka řezné mezery}$$

$$h_1 = 3 \text{ mm} \quad \text{hloubka drážky}$$

$$s_{\text{str}1} = u_{z1} \cdot \sqrt{\frac{h_1}{D_1}}$$

$$s_{\text{str}1} = 0,15 \text{ mm} \cdot \sqrt{\frac{3 \text{ mm}}{140 \text{ mm}}}$$

$$s_{\text{str}1} = \underline{\underline{0,022 \text{ mm}}}$$

Řezná síla na obvodu kotouče

$$K_1 = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

$$F_{r1} = \frac{K_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot u_1}{v_1}$$

$$F_{r1} = \frac{90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot 1,1 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,165 \text{ mm}}{20,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

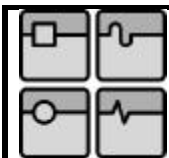
$$F_{r1} = \underline{\underline{2,8 \text{ N}}}$$

Výkon potřebný k řezání

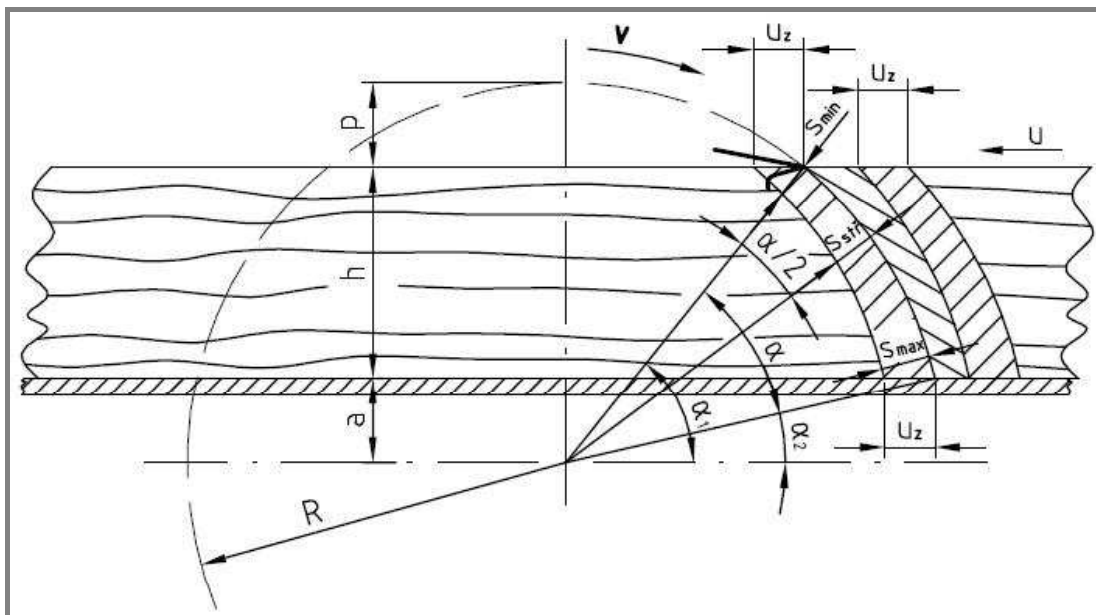
$$P_{r1} = F_{r1} \cdot v_1$$

$$P_{r1} = 2,8 \text{ N} \cdot 20,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P_{r1} = \underline{\underline{56,5 \text{ W}}}$$

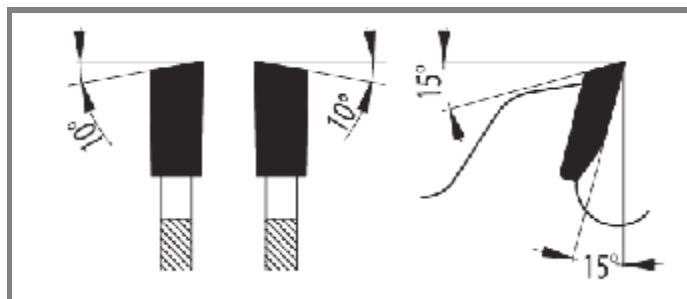


9.1.2. Výpočet řezných podmínek příčné pily



Obr.9-2 Schéma řezného procesu

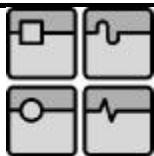
K příčnému proříznutí výrobku na požadovanou délku dochází pomocí pilového kotouče s plátky ze slinutého karbidu výrobce PILANA a.s.[9]. Na obr.8-3 je znázorněna geometrie zubů kotouče.



Obr.9-3 Geometrie zubů pilového kotouče [9]

Charakteristika pilového kotouče:

- příčné a podélné řezání přírodních masivních dřev
- řezání překližkových, dřevotřískových, dřevovláknitých izolačních desek



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Otáčky pilového kotouče

$$n_2 = 2750 \text{ min}^{-1}$$

Průměr pilového kotouče

$$D_2 = 250 \text{ mm}$$

Počet zubů pilového kotouče

$$z_2 = 32 \text{ zubů}$$

Obvodová rychlost pilového kotouče

$$v_2 = \pi \cdot D_2 \cdot n_2$$

$$v_2 = \pi \cdot 250 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 2750 \text{ min}^{-1}$$

$$v_2 = 2159,9 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = \underline{\underline{36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Výpočet posuvu

$$u_{z2} = 0,25 \text{ mm / zub}$$

Rozteč zubů

$$t_2 = \frac{D_2 \cdot \pi}{z_2}$$

$$t_2 = \frac{250 \text{ mm} \cdot \pi}{32}$$

$$t_2 = 24,54 \text{ mm}$$

Posuv

$$u_2 = u_{z2} \cdot n_2 \cdot z_2$$

$$u_2 = \frac{0,25 \text{ mm} \cdot 10^{-3} \cdot 2750 \text{ min}^{-1} \cdot 32}{60}$$

$$u_2 = \underline{\underline{0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Střední tloušťka třísky

$$b_2 = 2,5 \text{ mm}$$

šířka řezné mezery

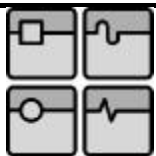
$$h_2 = 10 \text{ mm}$$

hloubka drážky

$$s_{\text{str}2} = u_{z2} \cdot \sqrt{\frac{h_2}{D_2}}$$

$$s_{\text{str}2} = 0,25 \text{ mm} \cdot \sqrt{\frac{10 \text{ mm}}{250 \text{ mm}}}$$

$$s_{\text{str}2} = \underline{\underline{0,05 \text{ mm}}}$$



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řezná síla na obvodu kotouče

$$K_2 = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad \text{měrný řezný odpor}$$

$$F_{r2} = \frac{K_2 \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot u_2}{v_2}$$

$$F_{r2} = \frac{90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot 2,5 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

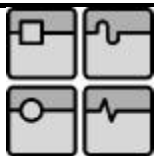
$$F_{r2} = \underline{\underline{14,06 \text{ N}}}$$

Výkon potřebný k řezání

$$P_{r2} = F_{r2} \cdot v_2$$

$$P_{r2} = 14,06 \cdot 36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P_{r2} = \underline{\underline{506 \text{ W}}} \cong \underline{\underline{0,5 \text{ kW}}}$$



9.2. Návrh a výpočet pohonů

9.2.1. Výpočet pohonů kotoučových pil

Pro pohony kotoučových pil byly vybrány pilové motory značky SOGA [6] (obr.9-4). Výhodou pilových motorů oproti kotoučovým pil s pilovou hřídelí a řemenovým převodem hnacího momentu ze standardního motoru je jejich malá osová výška, jednoduchá konstrukce a vysoká spolehlivost.



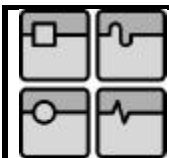
Obr.9-4 Pilový motor SOGA [6]

Drážkovací kotoučová pila

Z výpočtů řezných podmínek vyplývá minimální řezný výkon $P_{r1}=56,5\text{W}$. Z hlediska bezpečného provozu je zvolen dvoupólový pilový motor typu MR50 s označením 9A050090 o výkonu $P_{N1}=0,65\text{kW}$, otáčkách $n=2750\text{min}^{-1}$. Jelikož navrhovaný motor několikanásobně převyšuje požadovaný výkon, není již nutné uvádět kontrolní výpočet. Několika násobně vyšší výkon motoru nám dovoluje při řezném procesu drážkovací pily dodatečně navýšit rychlost posuvu materiálu.

Příčná formátovací kotoučová pila

Typ a výkon pilového motoru příčné formátovací kotoučové pily je navrhnout stejným způsobem jak u drážkovací kotoučové pily. Podle požadovaného řezného výkonu $P_{r2}=506\text{W}$ je navrhnout pilový motor typu MR58 s označením 9A058110 o výkonu $P_{N2}=1,5\text{kW}$, otáčkách $n=2800\text{min}^{-1}$. Během výroby se předpokládá možnost proměnlivosti kvality řezaného materiálu a proto je navržen výkon motoru trojnásobně vyšší oproti vypočtené hodnotě, což bude mít pozitivní vliv na spolehlivost pohonu pily.



9.2.2. Výpočet pohonu vstupního dopravníku

Pro pohon vstupního i vlačovacího dopravníku je použit stejný typ pohonu asynchronní motor s šnekovou převodovkou.

Vybraný typ převodovky: VF 30F-30 P63 B14 B3

Vybraný typ asynchronního motoru BN 63A 4 B14 od fy BONFIGLIOLI [7].

Parametry pohonu:

$$P_D = 0,12 \text{ kW}, n_{D1} = 1370 \text{ min}^{-1}, n_{D2} = 45 \text{ min}^{-1}, i_D = 30$$

Výpočet pohonu:

Rychlost posuvu materiálu k drážkovací pile i řezná síla na obvodu kotouče je využita při výpočtu výkonu pohonů dopravníků.

$$P_{Dskut} = F_{r1} \cdot u_1 = 2,836 \text{ N} \cdot 0,165 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P_{Dskut} = \underline{\underline{0,47 \text{ W}}}$$

Vypočtený požadovaný výkon pohonu P_{Dskut} je menší než skutečný použitý výkon pohonu P_D , proto pohon vyhovuje.

9.2.3. Výpočet pohonu lineárního vedení příčné formátovací pily

Pohon lineárního vedení příčné formátovací pily zajišťuje asynchronní motor s šnekovou převodovkou.

Vybraný typ převodovky: VF 44V-14 P71 B14 B3

Vybraný typ asynchronního motoru BN 71B 4 B14 od fy BONFIGLIOLI [7].

Parametry pohonu:

$$P_P = 0,37 \text{ kW}, n_{MP1} = 1370 \text{ min}^{-1}, n_{MP2} = 98 \text{ min}^{-1}, i_{MP} = 14$$

Výpočet pohonu:

Rychlostí posuvu pily po lineárním vedení je považována rychlost posuvu příčné kotoučové pily.

$$m_p = 35 \text{ kg}$$

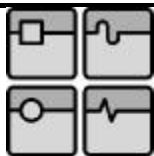
$$u_2 = 0,373 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výkon pohonu

$$P_{Pskut} = F \cdot u_2 = m \cdot g \cdot u_2 = 35 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,373 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P_{Pskut} = \underline{\underline{128 \text{ W}}} = 0,128 \text{ kW}$$

Vypočtený požadovaný výkon pohonu P_p je menší než skutečný použitý výkon pohonu P_{MP} , proto pohon vyhovuje



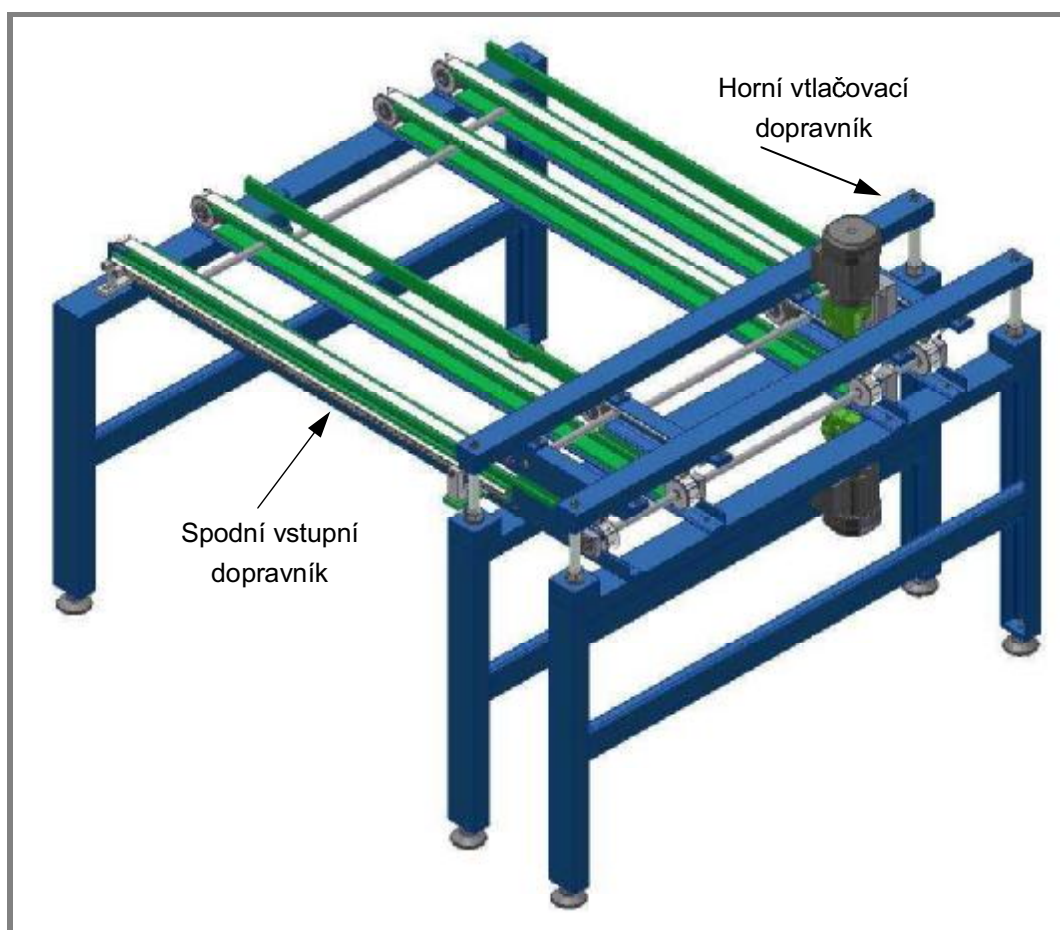
10. VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ LINKY

V kapitole vlastního konstrukčního řešení je postupně probrána a vysvětlena konstrukce jednotlivých uzlů z hlediska konstrukce, typů použitých komponentů, apod.

Uzly linky

- vstupní dopravník
- drážkovací pila
- příčná formátovací pila
- výstupní stůl

10.1. Konstrukční řešení vstupního dopravníku



Obr.10-1 Vstupní dopravník

Vstupní dopravník slouží současně k seřazení, zarovnání a dopravě lamel k drážkovací kotoučové pile. Dopravník je složen ze dvou částí. Spodní vstupní dopravník a horní vtlačovací dopravník. Hlavní problém řešení bylo nalezení optimální konstrukce dopravníku pro možnost výroby různých šířek výstupních polotovarů.

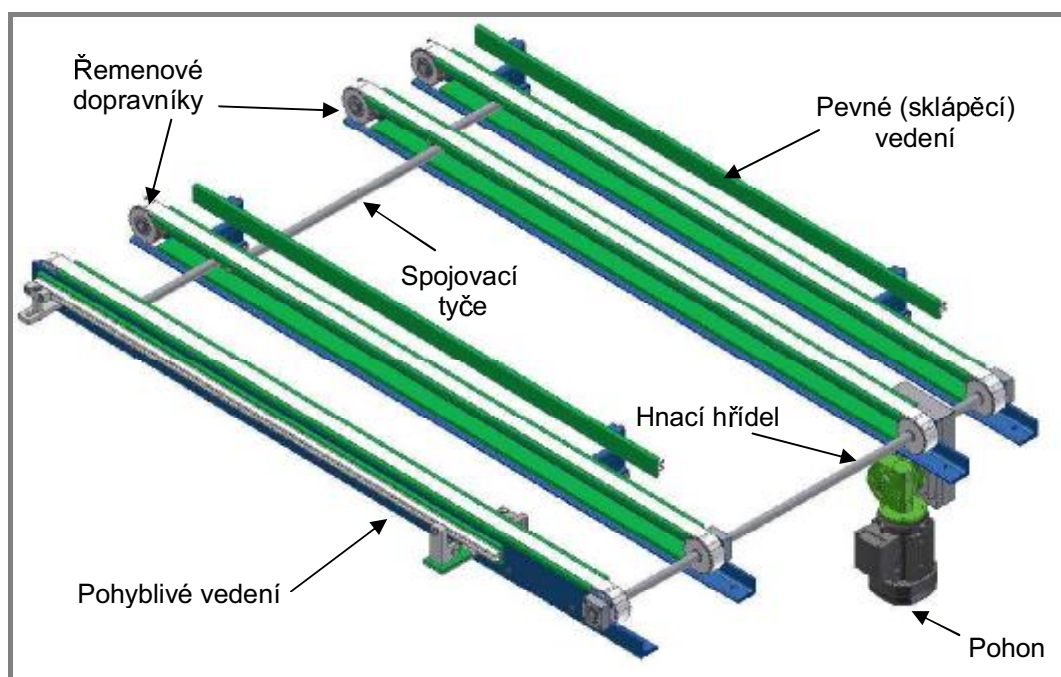
10.1.1. Spodní vstupní dopravník

Spodní vstupní dopravník je složen ze čtyř paralelních řemenových dopravníků. Společný pohon je řešen pomocí asynchronního motoru se šnekovou převodovkou přes jednostupňový řemenový převod na centrální hřídel, která souběžně pohání všechny řemenové dopravníky.

Nosná konstrukce jednotlivých dopravníků je z ocelového taženého U profilu, na kterém jsou pomocí ložiskových domečků připevněny řemenice. Plynulý a rovnoměrný pohyb řemenů zajišťuje kluzné plastové vedení.

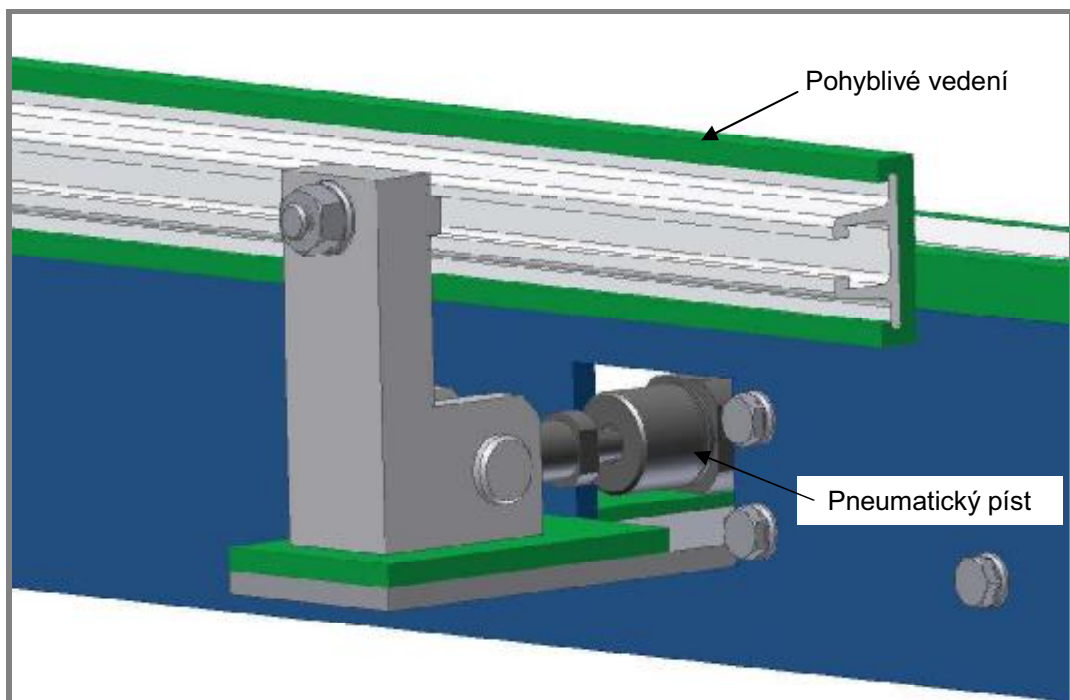
Souběžnost dopravníků zajišťuje na jedné straně hnací hřídel a na druhé spojovací tyče, sloužící zároveň jako vzpěry.

Na obr.10-2 je znázorněno konstrukční řešení dopravníku.



Obr.10-2 Spodní příváděcí dopravník

Na krajním řemenovém dopravníku je upevněno pohyblivé vedení sloužící k postupnému příčnému srovnání lamel. Pohyblivé vedení je na vstupní straně dopravníku uchyceno pomocí otočného čepu. Na výstupní straně dopravníku je vedení pohyblivě spojeno přes kloubový čep s pneumatickým pístem, který cyklicky rozevírá a svírá dopravované lamely a tím zajišťuje postupné příčné zarovnání dopravovaných lamel (obr.10-3). Zbývající tři řemenové dopravníky jsou opatřeny výklopnými pevnými bočnicemi. Toto řešení umožňuje jednoduše a rychle přestavit dopravník pro aktuálně požadovanou šířku vyráběného polotovaru.

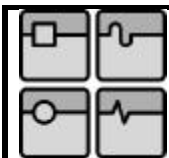


Obr.10-3 Pohyblivé vedení (detail)

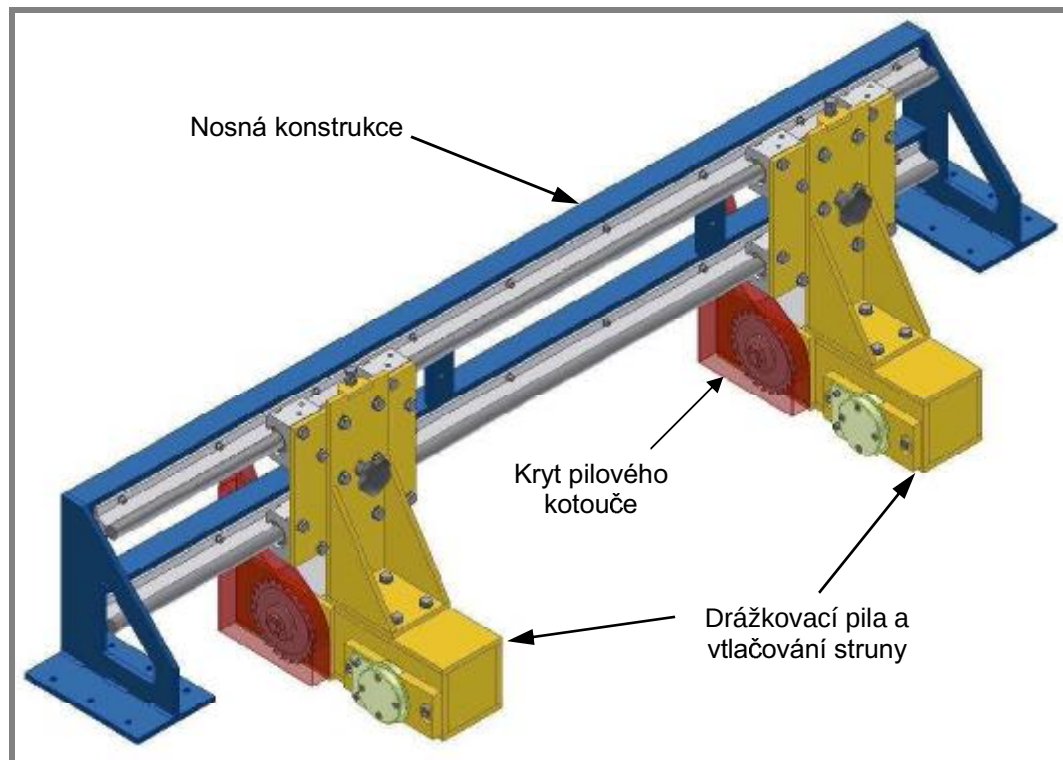
10.1.2. Horní vtlačovací dopravník

Horní vtlačovací dopravník je konstruován obdobným způsobem jako předcházející vstupní dopravník. Je připevněn nad vstupním dopravníkem. Pomocí stavěcích šroubů je možno seřídit jeho vzdálenost nad vstupním dopravníkem a tím také intenzitu sevření lamel. Protože je poloha lamel na vstupním dopravníku již příčně zarovnána, neobsahuje tato část žádné boční vedení.

Kompletní soustava dopravníků je umístěna na nosné konstrukci z tažených ocelových U profilů, které jsou k vyrovnaní nerovností základny opatřeny stavitelnými patkami.



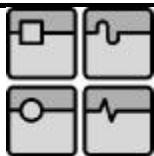
10.2. Konstrukční řešení drážkovací pily



Obr10-4 Drážkovací mechanismus

Drážkovací jednotka slouží k proříznutí drážky do jednotlivých lamel a následné vtlačení spojovací silonové struny. Musí umožnit příčné a výškové nastavení polohy pily. Drážkovací mechanismus se skládá ze dvou částí:

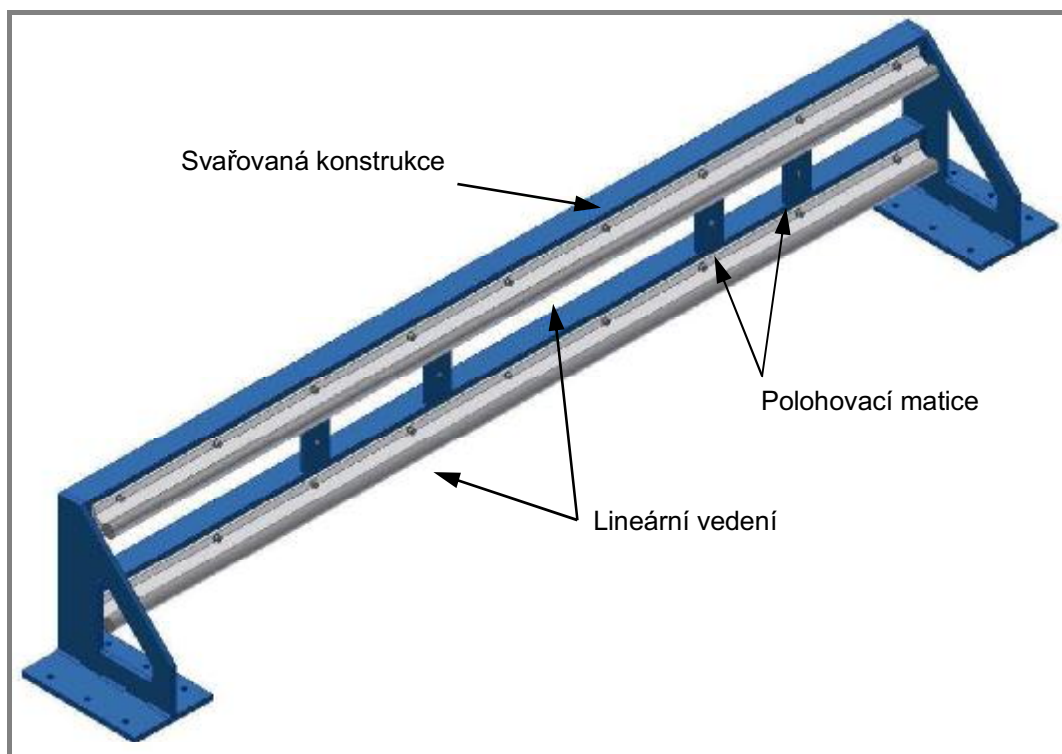
- nosná konstrukce
- jednotka drážkovací pily a vtlačování spojovací struny



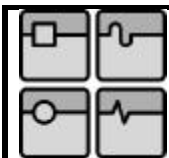
10.2.1. Nosná konstrukce

Základním prvkem nosné konstrukce jsou dva rovnoběžné ocelové U profily, které zajišťují dostatečnou oporu lineárnímu kluznému vedení, po kterém se volně pohybují vozíky nesoucí drážkovací jednotky.

Pro každou výrobní šířku polotovaru je určena jedinečná poloha drážkovací jednotky. V jednotlivých polohách jsou drážkovací jednotky zajištěny pomocí příček mezi nosnými U profily šrouby.



Obr.10-5 Nosná konstrukce

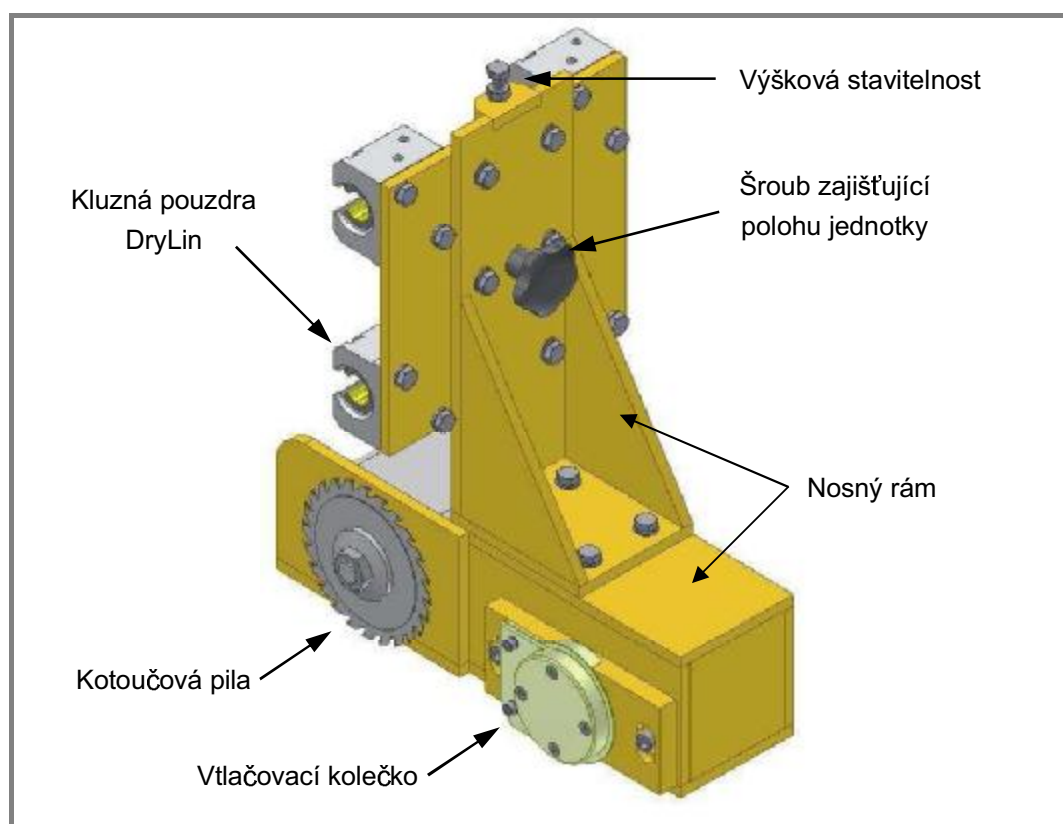


10.2.2. Drážkovací jednotka

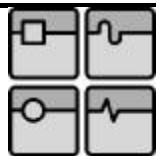
Drážkovací kotoučová pila je poháněna pomocí pilového motoru. Drážkovací pilový kotouč je upevněn přímo na hřídeli motoru. Použití pilového motoru umožňuje značně zjednodušit konstrukci drážkovací jednotky. Jednotlivé dílčí části jsou svařeny z ocelových plátů a následně pomocí šroubových spojů pospojovány.

Drážkovací jednotka je zavěšena na pohyblivém vozíku. Pro konstrukci lineárního vedení byly vybrány komponenty DryLin [12], které jsou schopny zajistit spolehlivý chod v náročných podmínkách dřevovýroby a zároveň umožňují kompenzovat výrobní odchylky konstrukce.

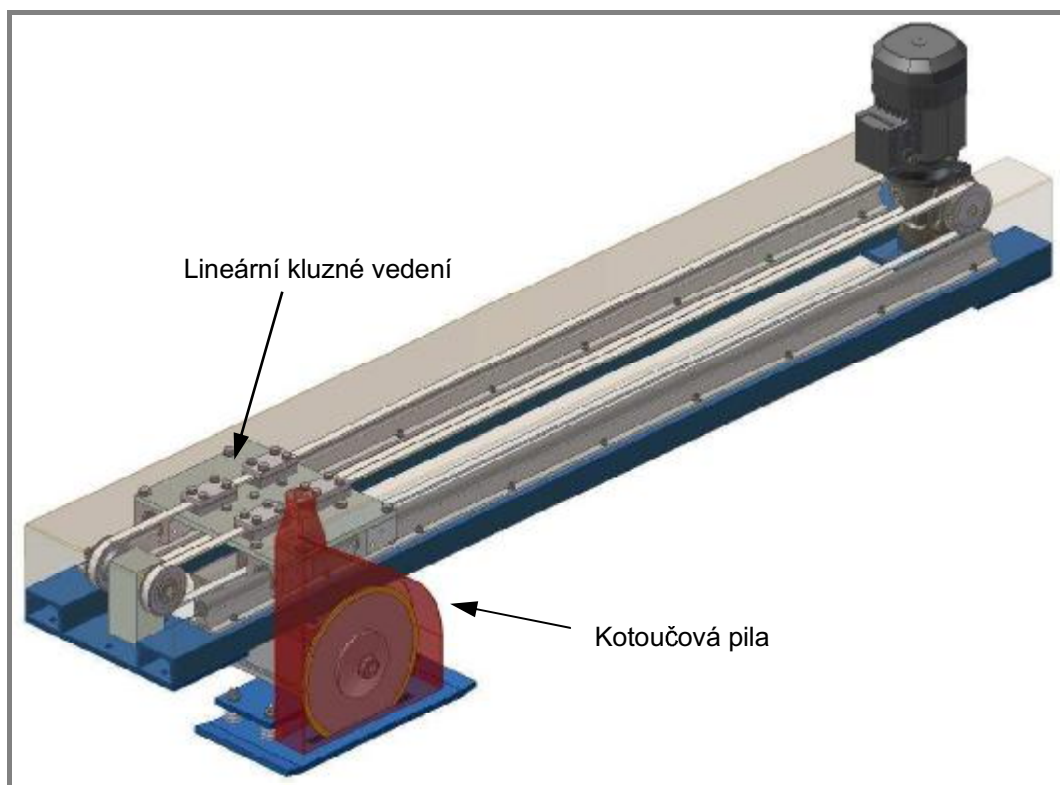
Nedílnou součástí drážkovací jednotky je vlačovací kolečko. Jeho úkolem je zamáčknout silonovou strunu do proříznuté drážky. Vzájemnou polohu řezacího kotouče a vlačovacího kolečka je možné seřídít na straně vlačovacího kolečka. Jednotka je výškově stavitelná pomocí šroubových spojů s drážkami.



Obr.10-6 Drážkovací jednotka



10.3. Konstrukční řešení příčné formátovací pily



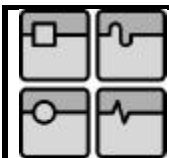
Obr.10-7 Příčná pila

Pro odříznutí požadovaného množství spojených lamel slouží kotoučová pila. Konstrukce příčné kotoučové pily je složena ze dvou ocelových U profilů, které jsou navzájem spojeny na obou koncích pomocí nosných desek, jež současně zajišťují spojení s nosným rámem stroje. Pro pohyb pily je z dříve uvedených důvodů opět použito lineární kluzné vedení DryLin [12]. Pohyblivý vozík je přes soustavu s ozubeným řemenem poháněn asynchronním motorem se šnekovou převodovkou.

10.3.1. Kotoučová pila

I v případě příčné formátovací pily je použit asynchronní pilový motor na jehož hřídeli je přímo upevněn řezací kotouč.

Pro zajištění odvodu pilin je pilový kotouč opatřen krytem s náustkem pro připojení odsávání. Krytování zajišťuje současně základní bezpečnostní zábrany.



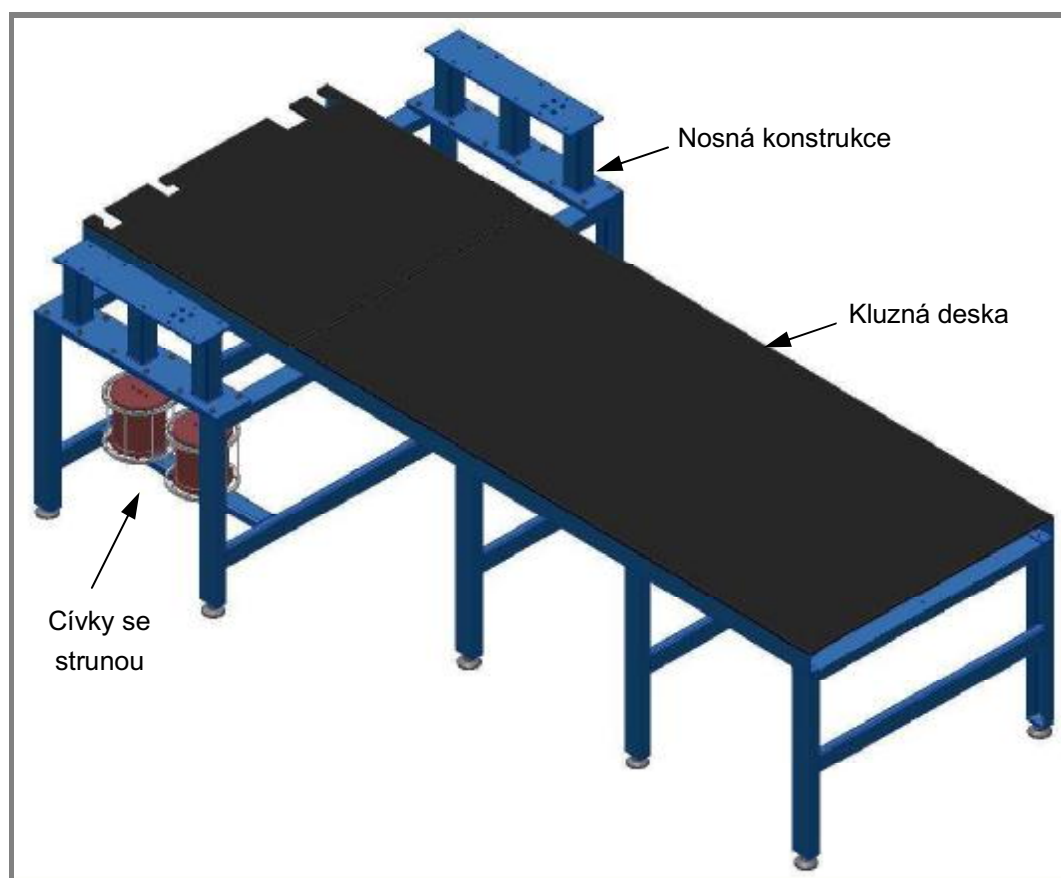
10.3.2. Pojezdový mechanismus příčné formátovací pily

Aby bylo možné proříznout výrobek na požadovanou délku, je nutné s kotoučovou pilou vykonat pohyb napříč celé šířky výsledného formátu. K tomu poslouží lineární kluzné vedení složené ze dvou ocelových hřídelí na podporách a vozíku, na kterém je upevněna pohonná jednotka pily.

10.4. Konstrukční řešení výstupního stolu

Rám výstupního stolu slouží zároveň i jako nosná konstrukce k upevnění drážkovací pily a příčné pily. Nosným prvkem jsou dva podélné ocelové U profily upevněné na podpěrných nohách. Pro hladký pohyb lamel po stole je na nosných profilech položena kluzná deska z materiálu typu Materiál "S" 1000® od fy Murtfeldt [8]. Součástí rámu stolu jsou „koše“ k uložení cívek se silonovou strunou použitou ke spojování lamel.

Náhled konstrukčního řešení výstupního stolu, obr.10-8



Obr.10-8 Výstupní stůl

11. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Odhad ceny celé výrobní linky

- Vyráběné komponenty (rám stroje, obráběné součástky, svařované konstrukce, ...)	300 000kč
- Normalizované díly (řemeny, řemenice, ložiska, lin.vedení, stavěcí nohy, pilové kotouče,...)	250 000kč
- Pohonné jednotky (pilové motory, šnekové převodovky, asynchronní motory)	50 000kč
- Ochrana bezpečnosti práce a provozu (krytování, bezpečnostní senzory, ...)	150 000kč
- Ovládací a řídicí část	250 000kč
- Vývoj a konstrukce	50 000kč
- Ostatní výdaje	<u>150 000kč</u>
celkem	1 200 000kč

Provozní náklady linky

Roční provozní náklady	50 000kč
------------------------	----------

Mzdové náklady

Mzdovými náklady jsou považovány skutečné roční mzdové výdaje na pracovníka.

Průměrné roční mzdové náklady na jednoho pracovníka 150 000kč

Při manuální výrobě sypaného laťovkového středu pracuje pět pracovníků na směně.

Předpokládaný počet obsluhy linky dvou pracovníků na směnu znamená úsporu třech pracovníků.

Výrobní kapacita

Výpočet výrobních kapacit největšího formátu výrobku 2500mx1140mm

Manuální výroba (m/směna) 900m

Strojní výroba (m/směna) 2500m

Při strojní výrobě dojde k navýšení výrobní kapacity přibližně 2,7 krát oproti manuální výrobě.

Roční úspora nákladů na pracovníky

Počet dělníků při manuální výrobě	5
Počet dělníků při strojní výrobě	2
Roční mzda 1 dělníka	150 000kč
Celková roční úspora mzdových nákladů	450 000kč

Doba návratnosti při jednosměnném provozu

Cena výrobní linky	1 200 000kč
Roční provozní náklady na linku	50 000kč
Roční úspora nákladů na zaměstnancích	450 000kč
Doba návratnosti = $1\,200\,000\text{kč} / (450\,000 - 50\,000) \text{ kč} = 3 \text{ roky}$	

Vycházíme-li ze zjednodušeného předpokladu úspory mzdových nákladů bude doba návratnosti investice při jednosměnném provozu maximálně 3 roky

ZÁVĚR

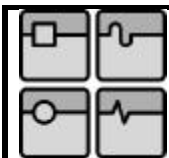
Cílem diplomové práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu linky pro spojování dřevěných lamel. Zadanými parametry jsou rozměry vstupních dřevěných lamel a požadovaný způsob spojování pomocí vtlačené silonové struny. Na základě úvodního rozboru variant řešení bylo vybráno a dále podrobně rozpracováno řešení které nejlépe vyhovuje požadavkům zadavatele.

Jedním z požadavků je výroba různých šířek výsledného produktu. K tomu je uzpůsoben vstupní řemenový dopravník tak aby jej bylo možno jednoduchými úkony, bez použití jakéhokoliv nářadí, rychle přestavět na požadovaný rozměr výrobku. Obdobné kritéria jsou voleny pro konstrukci drážkovacího mechanismu. Při návrhu byly použity moderní komponenty, které významně přispívají ke spolehlivosti zařízení.

Podle teoretických předpokladů by měl výkon linky přibližně 2,7 krát přesáhnout dosavadní výrobní kapacitu spojování lamel zadavatele, při současné úspoře třech pracovních sil. Tento fakt je blíže zhodnocen v kap. - 11.

Výkresová dokumentace se detailně nezabývá bezpečnostními a ochrannými prvky strojního zařízení. Tento fakt byl při řešení diplomové práce záměrně opomenut a musí být v případě realizace zařízení důkladně propracován.

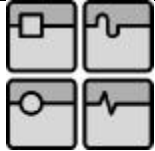
Navržené řešení linky na spojování lamel může být dále rozvinuto například o automatizovaný odběr a stohování výstupních polotovarů. Automatizace vstupního dopravníku je z ekonomického hlediska těžko dostupná. Je ovlivněna kvalitou vstupního materiálu. Zde je lidská práce obtížně nahraditelná.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČEN**

b_1	šířka řezné mezery drážkovacího kotouče	[mm]
b_2	šířka řezné mezery pilového kotouče	[mm]
D_1	průměr drážkovacího kotouče	[mm]
D_1	průměr pilového kotouče	[mm]
F_{r1}	řezná síla na obvodu drážkovacího kotouče	[N]
F_{r2}	řezná síla na obvodu pilového kotouče	[N]
h_1	hloubka drážky	[mm]
h_2	hloubka řezné drážky pilového kotouče	[mm]
i_D	převodový poměr převodovky dopravníku	[-]
i_{MP}	převodový poměr převodovky lineárního vedení	[-]
K_1	měrný řezný odpor dřeva	[Nmm ⁻²]
K_2	měrný řezný odpor dřeva	[Nmm ⁻²]
m_p	celková hmotnost vozíku lineárního vedení	[kg]
n_1	otáčky drážkovacího kotouče	[min ⁻¹]
n_2	otáčky pilového kotouče	[min ⁻¹]
n_{D1}	otáčky motoru převodovky dopravníku	[min ⁻¹]
n_{D2}	výstupní otáčky převodovky dopravníku	[min ⁻¹]
n_{MP1}	otáčky motoru lineárního vedení	[min ⁻¹]
n_{MP2}	výstupní otáčky převodovky lineárního vedení	[min ⁻¹]
P_D	výkon převodovky dopravníku	[kW]
P_{Dskut}	skutečný výkon pohonu dopravníku	[kW]
P_{pskut}	skutečný výkon pohonu lineárního vedení	[kW]
P_{N1}	výkon motoru drážkovací pily	[kW]
P_{N2}	výkon motoru příčné kotoučové pily	[kW]
P_p	výkon převodovky lineárního vedení	[kW]
P_{r1}	řezný výkon	[kW]
P_{r2}	řezný výkon	[kW]
s_{str1}	střední tloušťka třísky drážkovací pily	[mm]
s_{str2}	střední tloušťka třísky kotoučové pily	[mm]
t_1	rozteč zubů drážkovací pily	[mm]
t_2	rozteč zubů pilového kotouče	[mm]
u_2	posuv kotoučové pily	[ms ⁻¹]
u_1	posuv drážkovací pily	[ms ⁻¹]
u_{z1}	posuv na zub drážkovací pily	[ms ⁻¹]
u_{z2}	posuv na zub pilového kotouče	[ms ⁻¹]
v_1	obvodová rychlost drážkovacího kotouče	[ms ⁻¹]



v_2	obvodová rychlost pilového kotouče	$[\text{ms}^{-1}]$
z_1	počet zubů drážkovacího kotouče	$[-]$
z_2	počet zubů pilového kotouče	$[-]$

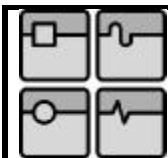
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 54
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ: Dřevařská technická příručka, Praha, SNTL, 1970, 748s, ISBN 40-821-70
- [2] F. JANÍČEK: Strojnictví. Stroje a zařízení pro zpracování dřeva, Praha, SOBOTÁLES, 2000, ISBN 80-85920-69-7
- [3] J. LEINVEBER.;P. VÁVRA.: Strojnické tabulky – třetí doplněné vydání, Praha, ALBRA, 2006, ISBN 80-7361-033-7
- [4] PLOMA a.s., www.ploma.cz , 2008-5
- [5] SMC Industrial Automation CZ s.r.o. - pneumatické prvky, dostupné z www.smc.cz ke dni 23.5.2008
- [6] OPIS Engineering, s.r.o. - pilové motory SOGA, dostupné z <http://www.opis.cz/soga/pilove.html> ke dni 23.5.2008
- [7] OPIS Engineering, s.r.o. - elektromotory a šnekové převodovky BONFIGLIOLI, dostupné z www.opis.cz ke dni 23.5.2008
- [8] Murtfeldt Plasty s.r.o. - technické plasty, dostupné z www.murtfeldt.cz ke dni 23.5.2008
- [9] PILANA TOOLS a.s. - pilové kotouče na dřevo, dostupné z www.pilana.cz ke dni 23.5.2008
- [10] G.D.A. Trade s.r.o. - pilové kotouče na dřevo, dostupné z www.gdatrade.com ke dni 23.5.2008
- [11] TYMA CZ, s.r.o. - řemeny, převody a lineární technika, dostupné z www.tyma.cz ke dni 23.5.2008
- [12] Hennlich Industrietechnik spol. s r. o.- energetické řetězy, lineární vedení, dostupné z www.igus.cz ke dni 23.5.2008
- [13] ALUTEC K&K a.s. – stavěcí patky, dostupné z www.aluteckk.cz ke dni 23.5.2008
- [14] FIM-EX, s.r.o. – dřevěné podlahy, dostupné z www.podlahy-fimlux.cz ke dni 23.5.2008

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1-1 Lepený laťovkový střed (spárovka)	15
Obr.1-2 Řez dřevěnou třívrstvou lamelou [3]	15
Obr.2-1 Linka na spojování dřevěných lamel motouzem [4]	17
Obr.2-2 Linka na spojování dřevěných lamel motouzem [4]	17
Obr.2-3 Přípravek na průběžném dopravníku [4]	18
Obr.2-4 Přípravek jako forma	19
Obr.3-1 Dřevěná lamela	20
Obr.3-2 Celkový formát výrobku	20
Obr.4-1 Způsob spojení dřevěných lamel	21
Obr.7-1 Varianta řešení č.1	26
Obr.7-2 Varianta řešení č.2	27
Obr.8-1 Technologické schéma linky	29
Obr.8-2 Vstupní dopravník	30
Obr.8-3 Drážkovací pila a vtlačování silonové strun	31
Obr.8-4 Příčná formátovací pila	32
Obr.9- 1 Schéma řezného procesu	34
Obr.9-2 Schéma řezného procesu	36
Obr.9-3 Geometrie zubů pilového kotouče	36
Obr.9-4 Pilový motor SOGA [3]	39
Obr.10-1 Vstupní dopravník	41
Obr.10-2 Spodní příváděcí dopravník	42
Obr.10-3 Pohyblivé vedení (detail)	43
Obr.10-4 Drážkovací mechanismus	44
Obr.10-5 Nosná konstrukce	45
Obr.10-6 Drážkovací jednotka	46
Obr.10-7 Příčná pila	47
Obr.10-8 Výstupní stůl	48



SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

SESTAVA LINKY	A1-DP-000
VSTUPNÍ DOPRAVNÍK	A1-DP-001
VTLAČOVACÍ DOPRAVNÍK	A2-DP-100
DRÁŽKOVACÍ JEDNOTKA	A2-DP-150
FORMÁTOVACÍ PILA	A1-DP-190