|  |
| --- |
| FIT VUT |
| IMS projekt |
| Téma č. 8: Diskrétní model výrobního procesu (SHO):    Výroba mimosilniční pneumatiky |

|  |
| --- |
| Sasín Jonáš (xsasin05)  Pojsl Jakub (xpojsl00)  [Datum] |

Obsah

[1 Úvod a motivace 2](#_Toc56245452)

[2 Výroba mimosilniční pneumatiky 3](#_Toc56245453)

[2.1 Proces výroby 3](#_Toc56245454)

[2.1.1 Základní suroviny 3](#_Toc56245455)

[2.1.2 Míchárna 3](#_Toc56245456)

[2.1.3 Příprava polotovarů 3](#_Toc56245457)

[2.1.4 Vytlačování a válcování 3](#_Toc56245458)

[2.1.5 Pogumování kordu 3](#_Toc56245459)

[2.1.6 Příprava patních lan 3](#_Toc56245460)

[2.1.7 Konfekce 3](#_Toc56245461)

[2.1.8 Vulkanizace 4](#_Toc56245462)

[2.1.9 Dokončení a kontrola 4](#_Toc56245463)

[2.2 Diagram výroby 4](#_Toc56245464)

[2.3 Důležitá data z výroby 4](#_Toc56245465)

[2.3.1 Trvání činností 4](#_Toc56245466)

[2.3.2 Poruchy 5](#_Toc56245467)

[3 Koncepce 6](#_Toc56245468)

[3.1 Podrobná koncepce výroby 6](#_Toc56245469)

[3.2 Koncepce poruch 7](#_Toc56245470)

[4 implementace simulačního modelu 8](#_Toc56245471)

[5 Popis experimentů 9](#_Toc56245472)

[6 Závěr 10](#_Toc56245473)

[7 Reference 11](#_Toc56245474)

# Úvod a motivace

# Výroba mimosilniční pneumatiky

## Proces výroby

### Základní suroviny

Hlavní suroviny pro výrobu pneumatiky je přírodní a syntetický kaučuk. Čištěný a koagulovaný kaučuk je dopraven do továrny, kde je skladován spolu s ostatními surovinami. Každý vzorek je zaslán do laboratoře, kde se hodnotí jeho kvalita a vlastnosti. Pokud je vzorek vadný, je várka uložena do skladu zmetků.

### Míchárna

Zde probíhá míchání kaučukových směsí – kaučuk s plnivy jako například gumárenské saze. Nakonec se do směsi přidává síra a vulkanizační činidla. Většina směsí se připravuje pro výrobu běhounu, jehož hlavní vlastností je odolnost proti oděru.

Hotová směs se vytláčí do plátů a ochlazuje, pláty se ukládají do palet, které jsou označeny a uloženy na sklad. Před uvolněním do další výroby je opět pro každou dávku odebrán vzorek pro laboratorní testy. Pokud je vzorek vadný, je várka uložena do skladu zmetků.

### Příprava polotovarů

Polotovary nutné k výrobě: patní lana, pogumované textilní a ocelové kordy, vytlačované a válcované polotovary, první a druhá kordová vložka, jádro, patní kord a pásek, nárazníky a bočnice s běhounem.

### Vytlačování a válcování

Několikanásobným válcováním se zde vyrábí vnitřní guma. Dále se vtlačuje běhoun a bočnice.

Kaučuková směs se nejprve ohřívá, pak se posune do vytlačovacího stroje, kde se formuje do požadovaného tvaru a rozměrů. Ze stroje vychází souvislý plát, který je následně třeba ochladit a rozřezat na určené délky.

### Pogumování kordu

Na pogumování se opět používá kaučuková směs. Při procesu se kord určeného materiálu pokrývá tenkou vrstvou kaučukové směsi. Pogumovaná kord je poté nařezán v přesném úhlu. Nařezané jsou navinuty a přesunuty k další fázi výroby. Kordy tvoří nárazníky pod běhoun nebo tvoří součást kostry pneumatiky.

### Příprava patních lan

Patní lana se vyrábí z ocelových drátů a kaučukové směsi. Ocelové dráty se pogumují a navinou do kola určitého průměru (přesný počet závitů a tvar).

### Konfekce

V rámci konfekce je z připravených polotovarů složen surový plášť, kde se k sobě polotovary lepí gumárenskými pojivy. Ke složení dochází na konfekčním bubnu – nejprve se položí bočnice s patním páskem, poté patní kord, vnitřní guma, kordová složka kostry a lano s jádrem. Následuje přehnutí a na přibližný tvar pneumatiky se položí nárazníky a běhoun. Výsledkem je nevulkanizovaný surový plášť.

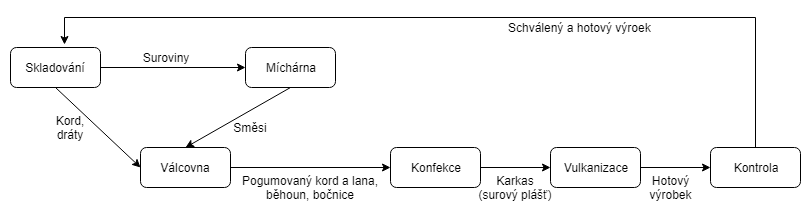
### Vulkanizace

Při tomto procesu se z kaučukové směsi stává pryž. Pomocí zahřátého tlakového média je plášť vtlačen do formy. Směs vlivem teploty měkne a stává se tvárnou. Směs postupně formu dokonale vyplní. Při vulkanizaci se mění struktura materiálu a získává finální vlastnosti.

### Dokončení a kontrola

Po vychladnutí a ořezání přetoků je pneumatika poslána ke kontrole kvality. První kontrola je vizuální a hmatem pracovníka, dále je pomocí testeru kontrolováno radiální a boční házení. Pneumatiky s ocelovým kordem prochází také rentgenovou kontrolou.

## Diagram výroby



## Důležitá data z výroby

### Trvání činností

Data z výroby jsou pro naši simulaci hlavně v metrice času, která se tím stává hlavní metrikou našeho výrobního procesu. Většina úkonů při výrobě probíhá sériově za sebou a modeluje se tedy hlavně časové zpoždění vznikající mezi nimi. Jediná část výroby, která probíhá paralelně je ve válcovně, kde zároveň vzniká pogumovaný kord, pogumovaná lana a vytlačují se běhouny a bočnice.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Část výroby** | **Činnosti(min)** | **Čekání na skladě (min)** | **Počet pracovníků** |
| **Míchárna** | **819** | **1440** | **3** |
| **Válcovna - kordy** | **149** | **1200** | **7** |
| **Válcovna - lana** | **113** | **1020** | **2** |
| **Válcovna - běhoun** | **117** | **1140** | **7** |
| **Válcovna - bočnice** | **108** | **1020** | **5** |
| **Konfekce** | **74** | **360** | **4** |
| **Vulknizace** | **119** | **-** | **3** |
| **Kontrola** | **15** | **-** | **2** |

Údaje uvedené v tabulce výše, ve sloupci činnosti, jsou součtem všech činností, probíhajících v dané části výroby, bez ohledu na to, že některé úkony mohou probíhat paralelně. Tyto skutečnosti modelujeme podrobněji v Petriho síti níže (v části koncepce).

### Poruchy

Při výrobě bylo evidováno 7 druhů poruch. U každé poruchy můžeme evidovat, jakou dobu odstavení výroby za rok způsobila a jakou část výroby nejčastěji postihla. Tyto skutečnosti jsou shrnuty v následující tabulce. Data jsou seřazena podle způsobené doby prostojů při výrobě.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Druh:** | **Doba prostojů za rok (minuty)** | **Nejčastěji postihnuté místo výroby** |
| **A** | **HW/SW závada** | 1400 | Míchárna |
| **B** | **Únik médií** | 500 | Vulkanizace |
| **C** | **Nepozornost obsluhy** | 400 | Konfekce |
| **D** | **Jiné** | 350 | Konfekce |
| **E** | **Mechanická závada** | 200 | Válcovna |
| **F** | **Elektro závada** | 100 | Nespecifikováno |
| **G** | **Nesprávné nastavení** | 80 | Vulkanizace |

# Koncepce

## Podrobná koncepce výroby

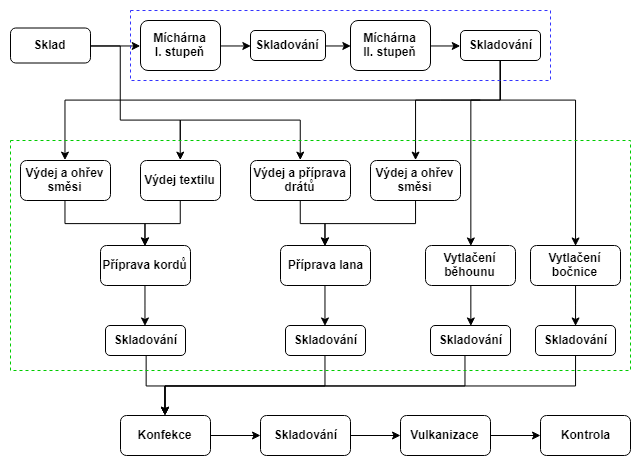
Pro podrobnou koncepci je důležité hlavně znázornění paralelně probíhajících dějů a oddělení výroby od čekání na skladě. Níže je diagram, který postupný průběh detailněji popisuje.

Úplná abstrakce úkonů nemohla probíhat u dvou fází výroby – míchárna a válcovna.

Míchárnu (modrý obdélník) je potřeba rozdělit, protože mezi přípravou směsi I. a II. stupně probíhá skladování, které není ovlivněno případnou poruchou linky.

Válcovna (zelený obdélník) je ještě o něco komplikovanější, protože v ní probíhá paralelně příprava kordů, lan, běhounu a bočnic, tedy 4 paralelní přípravy polotovarů pro konfekci. Dále např. při přípravě kordů a lan probíhá paralelní výdej směsi z válcovny a dalšího materiálu ze skladu.

Po výstupu polotovarů z válcovny může zpracování materiálu od konfekce po kontrolu, tedy konec procesu, probíhat opět sériově.



Finální nízko úrovňový popis procesu výroby, od kterého se přistupuje k implementaci modelu je modelován jako Petriho síť. V ní můžeme podrobněji znázornit trvání činností, vstup poruch, závislosti a proveditelnost jednotlivých přechodů ve výrobě.

## Koncepce poruch

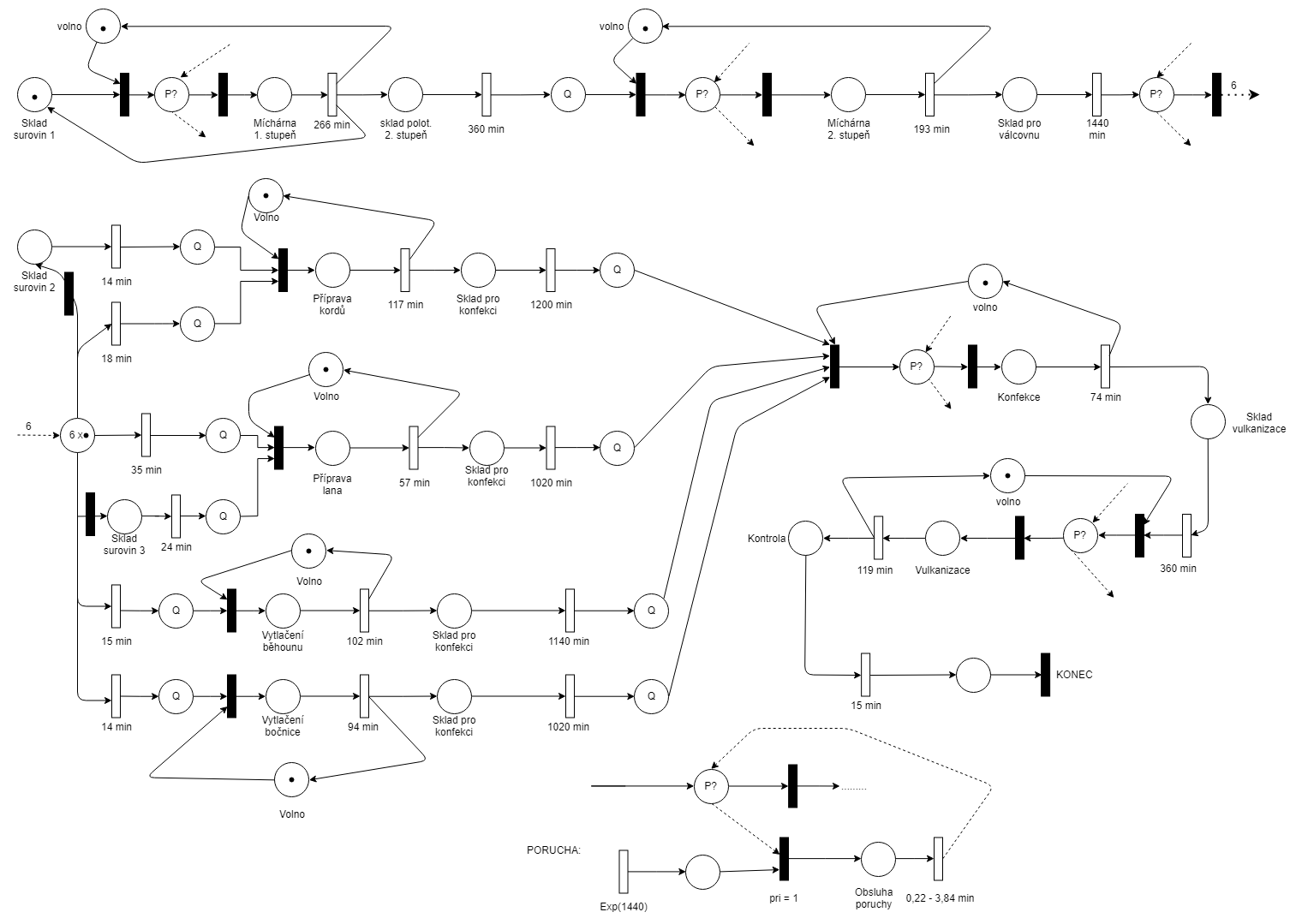
Vzhledem k tomu, že jedinou metrikou poruch, kterou máme k dispozici, je to, jak velký časový prostoj ve výrobě za rok způsobila, zavádíme následnou koncepci.

Z celkového času prostoje poruchy za rok můžeme tedy určit, jak velký časový prostoj způsobila ve výrobě porucha v průměru za jeden den. Tímto způsobem tedy modelujeme příchod poruch pro všechny poruchy stejný – v průměru bude každá porucha přicházet jednou denně. Pro každou poruchu se však bude lišit čas, na který zabere linku. Tímto vyjádříme její závažnost. Na validitu modelu by toto zjednodušení při dostatečně dlouhém běhu simulace nemělo mít vliv.

Příchod každé poruchy je tedy 1 den (1440 minut) podle exponenciálního rozložení. Její trvání podle druhu poruchy je pro každé zabrání linky následovné (doba prostoje za rok / 365):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Druh:** | **Doba jednoho prostoje (minut)** |
| **A** | **HW/SW závada** | 3.84 |
| **B** | **Únik médií** | 1.37 |
| **C** | **Nepozornost obsluhy** | 1.10 |
| **D** | **Jiné** | 0.96 |
| **E** | **Mechanická závada** | 0.55 |
| **F** | **Elektro závada** | 0.27 |
| **G** | **Nesprávné nastavení** | 0.22 |

## Petriho síť



# implementace simulačního modelu

# Popis experimentů

# Závěr

# Reference