



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TEORIE ÚDRŽBY A SPOLEHLIVOST

THEORY OF MAINTENANCE AND RELIABILITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

L'UBOMÍR LIČKO

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing MILOŠ HAMMER, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lubomír Ličko

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

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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 bakalářské práce:

Teorie údržby a spolehlivost

v anglickém jazyce:

Theory of maintenance and reliability

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Problematika spolehlivosti technických systémů byla vždy předmětem zájmu. Uvedené je samozřejmě aktuální i v současné době, kde se objevují další i nové přístupy k posuzování a řešení spolehlivosti. S rozvojem naznačených snah se začíná i rozvíjet problematika údržby, která se stává důležitým nástrojem řízení kvality ve firmě.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte rešerši z dané oblasti, soustředte se na teorii údržby a rozeberte vliv údržby na spolehlivost technických systémů. Soustředte se na údržbu zaměřenou na bezporuchovost (RCM).

V rámci možností alespoň naznačte řešení daného problému na vybraném konkrétním technickém systému ze strojírenské praxe.

Seznam odborné literatury:

1. MYKISKA, Antonín. Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006, 206 s. Učební texty ČVUT v Praze. Fakulta strojní. ISBN 80-01-02868-2.
2. KREIDL, M.; ŠMÍD, R. Technická diagnostika. Senzory-metody-analýza signálu. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2006, 408 s. ISBN 80-7300-158-6.
3. VOŠTOVÁ, V. ; HELEBRANT, F. ; JEŘÁBEK, K. Provoz a údržba strojů – II. část: Údržba strojů, ČVUT v Praze, I. Vydání. Praha 2002. 124 s. ISBN 80-01-02531-4.
4. LEGÁT, V. a kol.: Management a inženýrství údržby. Kamil Mařík - Professional Publishing, Příbram 2012, 1. vydání, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
5. VALENČÍK, Š. a kol.: Technológie opráv v údržbe strojov. TU Košice, Košice 2011, 1. vydanie, 220 s. ISBN 978-80-553-0745-9.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21.11.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá teóriou údržby, v ktorej sa rozoberá základné členenie a systémy údržby. Následne sa vysvetľuje pojem spoľahlivosť a vplyv údržby na spoľahlivosť technického systému. Ďalej sa práca sústreďuje na údržbu zameranú na bezporuchovosť (RCM), ktorej riešenie je znázornené na zariadení pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC 250.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

Teória údržby, spoľahlivosť, údržba zameraná na bezporuchovosť, zariadenie pre vstrekovanie plastov.

ABSTRACT

This work deals with the theory of maintenance, which analyses the basic structure and systems of maintenance. Then explains the concept of reliability and maintenance affect the reliability of the technical system. Further work will focus on the reliability centered maintenance (RCM), whose solution is shown on the equipment for injection molding Ferromatik Milacron K-TEC 250.

KEYWORDS

Theory of maintenance, reliability, reliability centered maintenance, injection molding machine.



BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

LIČKO, L. *Teorie údržby a spolehlivost*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 45 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloš Hammer, CSc..



ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením doc. Ing. Miloša Hammera, CSc. a s použitím literatúry uvedenej v zoznamu.

V Brne dňa 28. mája 2014

.....

Lubomír Ličko



POĎAKOVANIE

Týmto by som chcel poďakovať svojmu vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Milošovi Hammerovi, CSc. za odborné rady a pripomienky, ktoré viedli k vytvoreniu tejto práce. Ďalej by som chcel poďakovať firme RF Malacky s r.o. za poskytnutie informácií potrebných pri vytváraní bakalárskej práce a pánovi Mirovi Zaťkovi, ktorý mi bol firmou pridelený ako odborný konzultant. Nakoniec by som chcel poďakovať svojej rodine za finančnú pomoc, bez ktorej by som na tejto škole nemohol študovať.



OBSAH

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 9 |
| 1 Údržba technických systémov | 10 |
| 1.1 Základné členenie údržby | 10 |
| 1.2 Základné systémy údržby | 11 |
| 2 Spoľahlivosť technického systému | 15 |
| 2.1 Spoľahlivosť v rôznych fázach životného cyklu výrobku | 15 |
| 2.2 Vplyv ľudského faktora na spoľahlivosť | 16 |
| 2.3 Vplyv údržby na spoľahlivosť..... | 17 |
| 3 Údržba zameraná na bezporuchovosť RCM | 18 |
| 3.1 Historický vývoj RCM..... | 18 |
| 3.2 Program údržby RCM..... | 19 |
| 3.3 Vytvorenie programu údržby RCM..... | 20 |
| 3.3.1 Zahájenie a plánovanie..... | 22 |
| 3.3.2 Analýza porúch funkcie zariadenia..... | 23 |
| 3.3.3 Voľba úloh údržby | 24 |
| 3.3.4 Praktická realizácia | 27 |
| 3.3.5 Neustále zlepšovanie..... | 27 |
| 4 Praktická realizácia metódy RCM | 28 |
| 4.1 Zariadenie pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC250..... | 28 |
| 4.1.1 Vstrekovacia jednotka zariadenia | 29 |
| 4.1.2 Zatváracia jednotka zariadenia | 30 |
| 4.1.3 Hydraulický systém | 31 |
| 4.2 Analýza poruchy funkcie zariadenia | 32 |
| 4.2.1 Riadenie funkcie zariadenia | 32 |
| 4.2.2 Vstrekovanie taveniny do dutiny formy..... | 33 |
| 4.2.3 Uzatváranie formy zariadenia..... | 34 |
| 4.2.4 Hydraulické riadenie zariadenia | 35 |
| 4.2.5 Vytuhnutie taveniny v požadovanom tvare, rozmere a kvalite | 36 |
| 4.3 Voľba úloh údržby..... | 37 |
| Záver | 42 |
| Použité informačné zdroje..... | 43 |
| Zoznam použitých skratiek a symbolov..... | 44 |
| Zoznam príloh..... | 45 |



ÚVOD

Spoľahlivosť technických systémov oddávna predstavovala problematiku, na ktorú sa kládol veľký dôraz. Pri riešení a posudzovaní spoľahlivosti neustále vznikajú nové prístupy. S vývojom spoľahlivosti úzko súvisí rozvoj údržby technického systému, ktorý má v dobe užitočnej etapy životného cyklu technického systému veľký vplyv na výslednú spoľahlivosť. V histórii vznikalo a stále vzniká množstvo rôznych systémov a druhov údržby. V snahe zvýšenia spoľahlivosti technického systému vzniká v 60. rokoch dvadsiateho storočia metóda, ktorá slúži k vytvoreniu programu údržby zameranú na bezporuchovosť (RCM). Vďaka tejto metóde vznikol spôsob ako optimalizovať údržbu na zabezpečenie požadovanej bezporuchovosti a tým zároveň spoľahlivosti technického systému pri optimálnych nákladoch. Údržba predstavuje dôležitý nástroj riadenia kvality vo firme.



1 ÚDRŽBA TECHNICKÝCH SYSTÉMOV

Základným cieľom údržby je zabezpečiť pri optimálnych nákladoch čo najlepší technický stav zariadenia a jeho spoľahlivosť počas celého životného cyklu pri použití všetkých dostupných technických, administratívnych a manažérskych opatreniach.

1.1 ZÁKLADNÉ ČLENENIE ÚDRŽBY

Údržbu technického systému v spoločnosti môžeme rozdeliť podľa niekoľkých základných hľadísk.

Vnútorne členenie z hľadiska obsahu [1, str.4]:

- Udržovanie (autonómna údržba)
- Opravy
- Kontrolné inšpekčné a revízne činnosti

Udržovanie predstavuje činnosti zabezpečujúce menšie opotrebovávanie zariadenia ako napr. čistenie alebo mazanie častí zariadenia.

Opravy predstavujú činnosti, ktoré sú potrebné vykonať na odstránenie vzniknutého opotrebovania častí zariadenia.

Kontrolné inšpekčné a revízne činnosti predstavujú činnosti, ktoré treba vykonať na zistenie prítomnosti a veľkosti opotrebovania častí zariadenia. Patria sem činnosti ako napr. technická diagnostika, odborné prehliadky a iné.

Z hľadiska foriem zabezpečenia [1, str.4]:

- Údržba vo vlastnej réžii
- Dodávateľský spôsob
- Servisná služba

Údržbu vo vlastnej réžii personálne zabezpečuje a vykonáva spoločnosť bez zásahu externej firmy.

Dodávateľský spôsob údržby zabezpečuje a vykonáva pre spoločnosť externá firma.

„*Servisná služba – so základnými okruhmi – služby metodicko-informačného charakteru, technická pomoc, inšpekčné opravárenské a diagnostické služby.*“ [1, str.4]

Z časového hľadiska [1, str.4]:

- Preventívna údržba (plánovaná údržba)
- Korektívna údržba (neplánovaná údržba)



Preventívna údržba predstavuje súbor činností, ktoré vykonávame pred vznikom porúch zariadenia tak aby k týmto poruchám nedošlo.

Korektívna údržba predstavuje súbor činností, ktoré musíme vykonať po poruche zariadenia aby sme zariadenie vrátili do pôvodného prevádzky schopného stavu.

Z hľadiska organizácie údržby [1, str.4]:

- Decentralizovaná údržba
- Centralizovaná údržba
- Kombinovaná údržba

Decentralizovaná údržba „U tejto organizačnej forme, pokiaľ je dôsledne uplatňovaná sú všetci pracovníci údržby organizovaný v skupinkách s potrebnou profesnou skladbou a tieto skupinky sú zaradené do útvaru výroby.“ [2, str.52]

Centralizovaná údržba je zabezpečovaná jedným samostatným útvarom, ktorý zabezpečuje všetky činnosti, ktoré sú potrebné k údržbe zariadenia.

Kombinovaná údržba je forma údržby vzniknutá spojením decentralizovanej a centralizovanej údržby. Je vhodná obzvlášť pre veľké spoločnosti, ktoré sa snažia spojiť výhody oboch foriem údržby.

1.2 ZÁKLADNÉ SYSTÉMY ÚDRŽBY

Pre každý technický systém je dôležité zvoliť vhodný systém údržby, tak aby bola zabezpečená dostačujúca a zároveň ekonomická údržba. Pri výbere technického systému musíme brať do úvahy niekoľko základných faktorov, ako je vplyv prípadnej poruchy na životné prostredie a bezpečnosť, ale tiež ekonomickosť použitia zvoleného systému údržby a zložitosť technického systému.

Podrobnejšie rozdelenie jednotlivých vývojových etáp systémov údržby: [1, str.6]

- Systém údržby po poruche
- Systém plánovaných preventívnych opráv (PPO)
- Systém diferenciálnej proporcionálnej opatery (DIPP)
- Systém diagnostickej údržby
- Systém prognostickej údržby
- Systém automatizovanej údržby
- Systém totálnej produktívnej údržby

Systém údržby po poruche je systémom údržby u ktorého sa údržba vykonáva až po vzniku poruchy. „Doby do poruchy prvku sú náhodnou veličinou, porucha prichádza neočakávane“ [3, str.84]. Z tohto vyplýva, že tento systém údržby sa môže použiť iba u častí technického systému, kde pri poruche nepríde k ohrozeniu bezpečnosti alebo životného prostredia



a porucha nebude mať dôsledok veľkej ekonomickej straty. Údržba po poruche predstavuje historicky najstarší údržbový systém.

System plánovaných preventívnych opráv (PPO) je systémom údržby u ktorého sa údržba vykonáva v dopredu stanovených pravidelných časových intervaloch. Po uplynutí daného časového intervalu sa vykoná prehliadka technického systému a následne sa vykoná plánovaná preventívna oprava. Pri tomto druhu systému údržby sa znižuje bezpečnosť a spoľahlivosť technického systému a zároveň je táto údržba zbytočne nákladná a neoptimálna, pretože sa nesleduje skutočný technický stav systému počas prevádzky, ale údržba systému je založená na pevnom časovom cykle.

System diferencovanej proporcionálnej opatery (DIPP) je systémom údržby u ktorého sa využíva diferencovaný prístup. U tohto systému sa priebeh údržby stanovuje podľa niekoľkých faktorov: diferencie, preventívnosti, plánovanosti, komplexnosti, proporcionality a interaktívnosti. Tento systém sa používa, pretože zložitejšie technické systémy sa skladajú z viacerých súborov, ktoré majú rôzne vlastnosti a preto každý súbor vyžaduje individuálny prístup od druhu zásahu až po časový interval po ktorom sa údržba súboru má vykonať.

System diagnostickej údržby je systémom údržby u ktorého sa údržba vykonáva individuálne na každom prvku zvlášť prípadne na strojnej skupine prvkov na základe skutočného technického stavu získaného podľa metód technickej diagnostiky alebo priebežným monitorovaním technického stavu. Údržba prvku prípadne skupiny prvkov technického systému sa vykoná len v prípade, že prišlo k prekročeniu medznej prípustnej tolerancie alebo k dosiahnutiu medznej fáze opotrebenia.

System prognotickej údržby je systémom údržby u ktorého sa údržba prvku prípadne strojnej skupiny prvkov vykonáva na základe prognózy zostatkovej životnosti získanej pomocou expertných systémov z výsledkov merania pomocou metód technickej diagnostiky. Údržba je teda vykonávaná nie len na základe aktuálneho skutočného stavu získaného z technickej diagnostiky, ale aj získanej prognózy a to umožňuje predchádzať haváriám, ako aj riadiť údržbu v súlade s požiadavkami výroby.

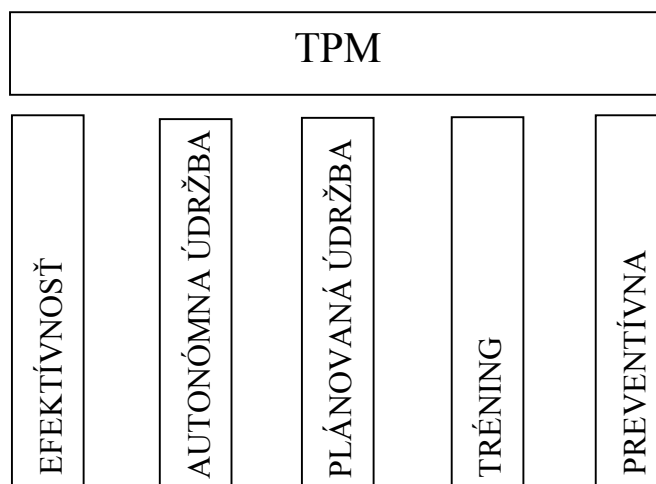
System automatizovanej údržby je systémom údržby riadenom pomocou výpočtovej techniky v reálnom čase. Hlavnou úlohou tohto systému údržby je zabezpečiť minimalizáciu nákladov na údržbu pri maximálnom výkone údržby ako celku.

System totálnej produktívnej údržby (TPM) je systémom údržby u ktorého sa investuje do znalostí pracovníkov a organizačných systémov tak, aby sa dosiahol čo najnižší počet porúch, nedostatkov, nehôd a nečistôt na technickom systéme.



Základné piliere TPM obr.1:

- Efektívnosť zariadenia
- Autonómna údržba
- Plánovaná údržba
- Tréning pracovníkov
- Preventívna údržba



Obr.1 Základné piliere TPM [4, str.49]

Efektívnosť zariadenia je vyjadrená celkovou efektívnosťou zariadenia CEZ. Je vyjadrená súčinom troch parametrov využiteľnosti, výkonnosti a kvality. Predstavuje funkciu 6 hlavných strát, ktoré ovplyvňujú účinnosť zariadenia.

$$CEZ = A \cdot P_v \cdot Q [-] [4, str.48]$$

A [-] - súčiniteľ využiteľnosti

P_v [-] - súčiniteľ výkonnosti

Q [-] - súčiniteľ kvality

Autonómna údržba je zložená zo 7 krokov, ktoré sa počas údržby musia vykonať. V týchto krokoch je zahrnuté čistenie a mazanie zariadenia, kontroly zariadenia a následne samotná autonómna údržba a jej ďalší rozvoj.

Plánovaná údržba tento pilier TPM je založený na základe siedmich krokov plánovanej a preventívnej údržby, ktorých úlohou je vytvoriť systém údržby na predchádzanie vzniku porúch vykonávaním opráv rizikových častí zariadenia v dopredu stanovenom časovom intervale.



Tréning pracovníkov sa skladá zo 7 elementov, ktoré majú za úlohu zvýšiť zručnosť obsluhy a údržby.

Preventívna údržba tento pilier predstavuje systém pre návrh preventívnej údržby a manažerstva. Skladá sa zo 7 fáz v ktorých je zahrnutý vývoj produktu a následný koncept zariadenia vrátane všetkých činností vykonaných pre uvedenie zariadenia do prevádzky.



2 SPOL' AHLIVOSŤ TECHNICKÉHO SYSTÉMU

Spol' ahlivosť predstavuje súbor vlastností technického systému, ktoré vyjadrujú schopnosť plniť dané funkcie počas požadovanej doby, pri zachovaní prevádzkových parametrov zadaných podľa technických podmienok.

Vlastnosti technického systému ovplyvňujúce spol' ahlivosť: [5, str.10]

- Bezporuchovosť
- Životnosť
- Udržovateľnosť a opraviteľnosť
- Pohotovosť

Bezporuchovosť je schopnosť vykonávať bez poruchy počas daného časového intervalu a daných technických podmienok požadované funkcie. Číselne sa vyjadruje napr. pravdepodobnosťou bezporuchovej prevádzky, intenzitou porúch.

Životnosť je schopnosť umožňujúca plniť požadované funkcie a údržby do dosiahnutia medzného stavu určeného technickými podmienkami. Číselne sa vyjadruje napr. časom používania, dobou pre údržby a opravy, technickým životom.

Udržovateľnosť a opraviteľnosť je schopnosť predchádzať poruchám pri plnení daných funkcií za daných technických podmienok. Odhaľovať a odstraňovať vzniknuté poruchy pomocou údržby, tak aby sa dostal do stavu v ktorom môže vykonávať požadované funkcie. Číselne sa vyjadruje napr. pravdepodobnosťou vykonania opravy v priebehu určeného časového intervalu, intenzitou opráv a pod.

Pohotovosť je schopnosť v ľubovoľnom časovom okamžiku vyhovovať daným technickým podmienkam a plniť požadované funkcie. Táto schopnosť technického systému je závislá od bezporuchovosti, udržovateľnosti a zaistenia údržby. Číselne sa vyjadruje pomocou súčiniteľa pohotovosti.

2.1 SPOL' AHLIVOSŤ V RÔZNYCH FÁZACH ŽIVOTNÉHO CYKLU VÝROBKU

Rozdelenie spol' ahlivosti podľa fáze životného cyklu: [6, str.72]

- Špecifikovaná spol' ahlivosť
- Vprojektovaná spol' ahlivosť
- Inherentná spol' ahlivosť
- Prevádzková spol' ahlivosť



Špecifická spoľahlivosť zaraďuje sa do predvýrobnej etapy životného cyklu zariadenia, v ktorej sa určí hodnota potrebnej spoľahlivosti technického systému. Na základe určenia sa zadá požiadavka pre konštruktérov stroja.

„*Vprojektovaná*“ *spoľahlivosť* zaraďuje sa do predvýrobnej etapy životného cyklu zariadenia, v ktorej konštruktérsky tím na základe špecifikovanej spoľahlivosti a návrhu stroja vypočíta teoretickú spoľahlivosť.

Inherentná spoľahlivosť zaraďuje sa do výrobnjej a následnej inštaláčnej etapy životného cyklu zariadenia, v ktorom sa realizuje navrhnutá spoľahlivosť. Táto časť spoľahlivosti je závislá od dodržania technologických postupov výroby, montáže a inštalácii zariadenia.

Prevádzková spoľahlivosť zaraďuje sa do užitočnej etapy životného cyklu zariadenia, v ktorej dochádza k používaniu zariadenia a tiež k realizácii potrebnej údržby zariadenia. Výsledná prevádzková spoľahlivosť je z veľkej časti ovplyvnená predchádzajúcimi etapami vývoja spoľahlivosti, ako aj od dodržiavania prevádzkových podmienok a údržbárskych opatrení.

2.2 VPLYV ĽUDSKÉHO FAKTORA NA SPOL' AHLIVOSŤ

Na celkovú spoľahlivosť technického systému nemá vplyv iba samotná spoľahlivosť technického systému a teda bezporuchovosť prevádzky stroja, ale z veľkej časti je ovplyvnená tiež spoľahlivosťou človeka. Spoľahlivosť človeka závisí od jeho odbornej spôsobilosti, fyzických dispozícií ako aj kvality psychických vlastností.

Spoľahlivosť systému:

$$P_{cs} = P_c \cdot P_s \text{ [-] [4, str.37]}$$

P_{cs} [-] - pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky systému

P_c [-] - pravdepodobnosť, že nedôjde k omylu (chybe) človeka

P_s [-] - pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky stroja

Spoľahlivosť človeka:

$$P_c = P_o \cdot P_f \cdot P_{ps} \text{ [-] [4, str.37]}$$

P_c [-] - pravdepodobnosť odbornej (vedomostnej) úrovne

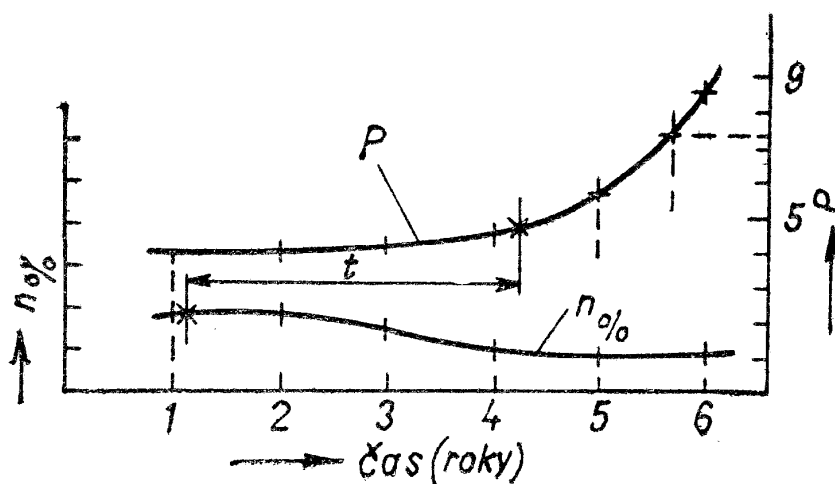
P_f [-] - pravdepodobnosť fyzických dispozícií

P_{ps} [-] - pravdepodobnosť kvality psychických vlastností



2.3 VPLYV ÚDRŽBY NA SPOLĀHLIVOSŤ

Zabezpečenie požadovanej spoľahlivosti zariadenia počas užitočnej etapy životného cyklu vyžaduje vykonávanie údržby na zariadení. Údržba počas tejto etapy životného cyklu zariadenia má veľký vplyv na výslednú spoľahlivosť zariadenia. Vzhľadom na ľudský faktor a ekonomickosť údržby je však snaha vykonávať údržbu niektorých častí zariadenia vo väčších časových intervaloch a pritom zabezpečiť dlhodobú prevádzkovú spoľahlivosť. Pri nedodržaní požadovaného optimálneho rozsahu údržby však po určitej dobe dochádza k poklesu prevádzkovej spoľahlivosti z dôvodu nárastu porúch na zariadení. Závislosť prevádzkovej spoľahlivosti od rozsahu údržby je zobrazená na obr.2, kde rozsah údržby je vyjadrený ako merné náklady vynakladané počas opráv a prevádzková spoľahlivosť ako hladina prestojov pri opravách.



Obr.2 Závislosť údržby a prevádzkovej spoľahlivosti [5, str.72]

P [-] - prestoje pre údržbu

$n\%$ [%] - merné náklady opráv (v percentách z obstarávacej ceny základných prostriedkov)

Za zabezpečenie optimálnej údržby pre dosiahnutie požadovanej prevádzkovej spoľahlivosti nezodpovedá len užívateľ, ale vo veľkej miere aj výrobca ktorý odporúča vhodnú koncepciu údržby pre dané zariadenie a zároveň poskytuje zdroje potrebné k vykonávaniu údržby. „Užívateľ si potom z pravidla zaisťuje preventívnu údržbu a menej náročné opravy sám, avšak podľa koncepcie údržby spracovanej výrobcom.“ [7, str.166]

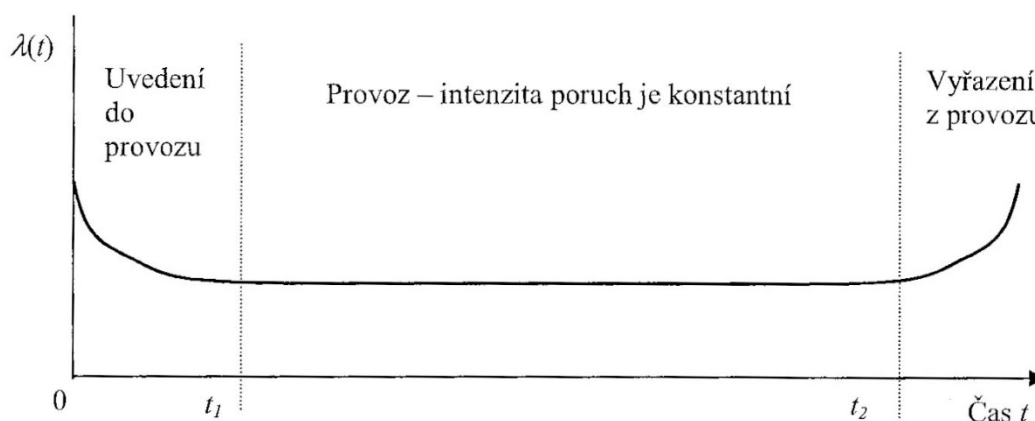


3 ÚDRŽBA ZAMERANÁ NA BEZPORUCHOVOSŤ RCM

Údržba zameraná na bezporuchovosť (Reliability Centered Maintenance- RCM) predstavuje metódu na vytvorenie dynamického programu údržby. Podľa identifikácie chýb jednotlivých častí zariadenia sa navrhujú postupy a použité nástroje na vytvorenie vhodného programu preventívnej údržby, ktorý sa následne neustále analyzuje a zlepšuje. Metóda RCM nám umožňuje odstránenie prebytočných úloh údržby, ktoré nemajú vplyv na výslednú úroveň bezporuchovosti, dokonca môžu úroveň bezporuchovosti zariadenia znižovať odstránením vplyvu ľudského faktora vyskytujúceho sa pri vykonávaní týchto úloh údržby. Použitím metódy RCM sa dosiahne čo najväčšia hodnota bezporuchovosti zariadenia a tým sa zabezpečí požadovaná bezpečnosť, pohotovosť a hospodárnosť prevádzky.

3.1 HISTORICKÝ VÝVOJ RCM

Preventívna údržba zariadenia sa až do 60. rokov dvadsiateho storočia vykonávala hlavne formou generálnych opráv v časovom intervale podľa vaňovej krivky obr.3, ktorá predstavuje teoretickú závislosť intenzity porúch na dobe prevádzky. Avšak vaňová krivka neodpovedala skutočnému výskytu porúch na zariadení. Preto v USA prebehol rozsiahly výskum o poruchách. Na základe výskumu bola vyvinutá metóda RCM v 60. rokoch dvadsiateho storočia pre vojenský a komerčný letecký priemysel a postupne sa uplatňovala v ďalších priemyselných odvetviach. Začiatkom 90. rokov dvadsiateho storočia sa metóda RCM postupne dostáva do Európy, kde sa vedúcou firmou stáva firma ALADON z Veľkej Británie. [2]



Obr. 3 Teoretická závislosť intenzity porúch na dobe prevádzky [8, str.78]

λ [-] - intenzita porúch

t [s] - doba prevádzky



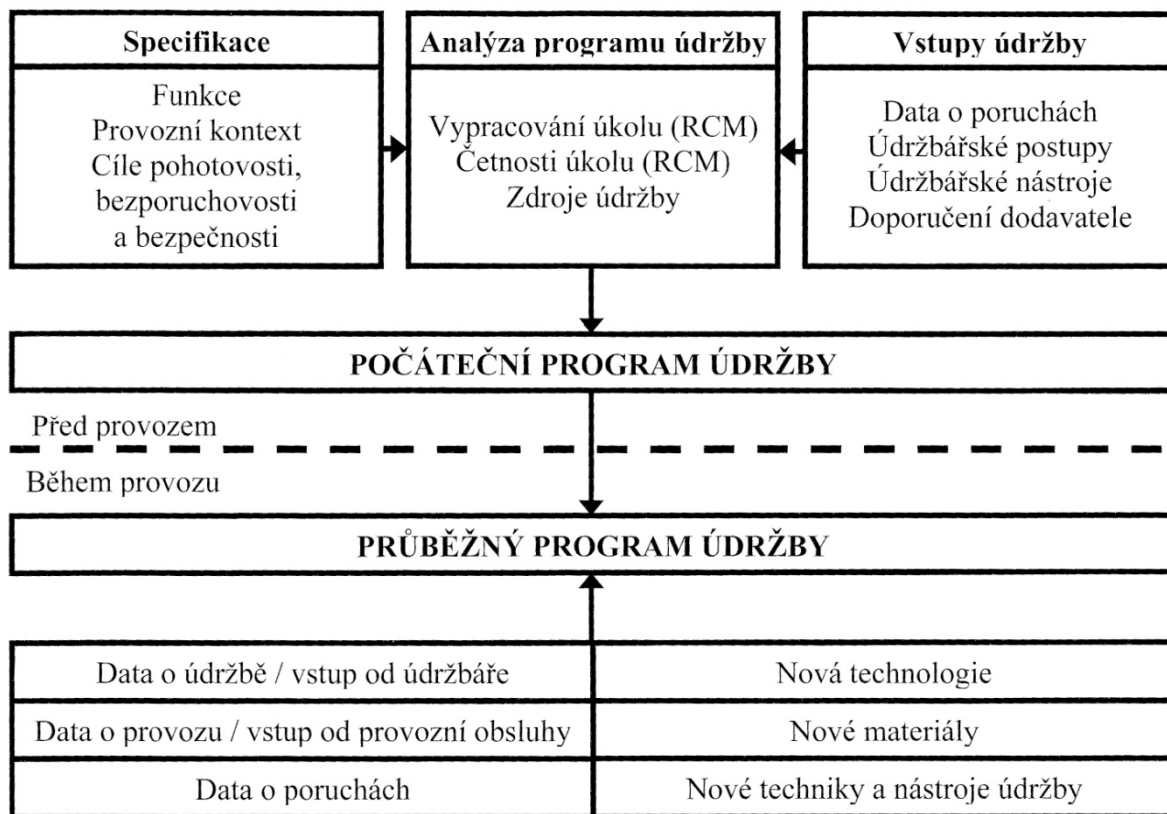
3.2 PROGRAM ÚDRŽBY RCM

Program údržby RCM sa skladá z dvoch častí obr.4:

- Počiatočného programu údržby
- Priebežného programu údržby

Počiatočný program údržby vzniká pred uvedením stroja do prevádzky. Skladá sa z koncepcie úloh údržby na základe odporúčania výrobcu a zároveň z úloh údržby získaných analýzou programu údržby získaných metódou RCM.

Priebežný program údržby vzniká na základe počiatočného programu údržby, ktorý upravuje užívateľ na základe skutočných dát získaných počas prevádzky zariadenia ako napr. opotrebenie alebo poruchy zariadenia. Priebežný program údržby sa neustále analyzuje a zlepšuje.

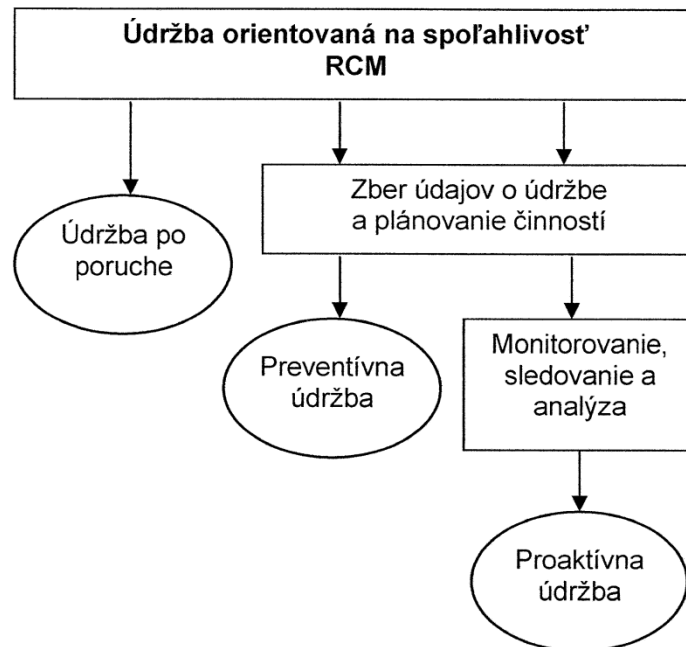


Obr. 4 Vývoj programu údržby [2, str.323]



Program údržby RCM sa skladá z niekoľkých druhov riadenia činností údržby obr.5:

- Údržby po poruche
- Preventívnej údržby
- Proaktívnej údržby



Obr.5 Vzájomný vzťah medzi RCM a ďalšími spôsobmi riadenia údržby [4, str.47]

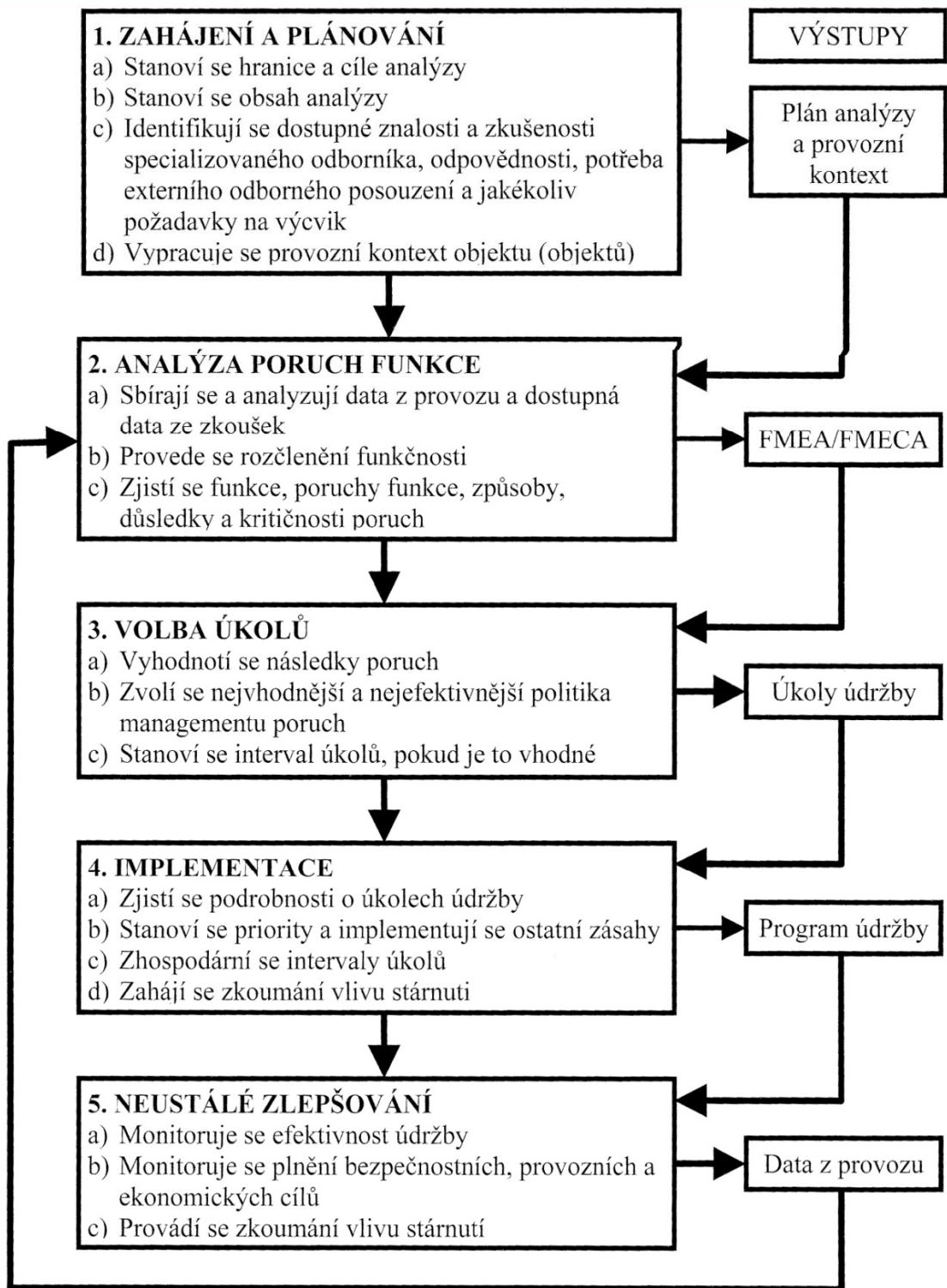
Na základe kritičnosti a následkov poruchy časti zariadenia získaných z analýzy, sa volí pre každú časť zariadenia vhodný spôsob údržby. Výsledný program údržby má byť čo najviac efektívny a zároveň má byť zabezpečená požadovaná bezpečnosť.

3.3 VYTVORENIE PROGRAMU ÚDRŽBY RCM

Tvorba programu údržby RCM sa skladá z niekoľkých základných častí. V týchto častiach sa postupne určuje rozsah analýzy vzhľadom na konštrukciu častí zariadenia, vyhodnocujú sa dáta získané z prevádzky a na základe získaných údajov sa volia činnosti údržby tak, aby sa dosiahlo požadovaného programu údržby, ktorý sa následne zavedie do prevádzky.

Základné kroky tvorby programu RCM: [9, str.13]

- Zahájenie a plánovanie
- Analýza porúch funkcie
- Voľba úloh
- Praktická realizácia
- Neustále zlepšovanie



Obr.6 Prehľad procesu RCM [2, str.322]



3.3.1 ZAHÁJENIE A PLÁNOVANIE

Prvý krok tvorby programu spočíva v rozčlenení zariadenia na konštrukčné skupiny, ktorým sa definuje jednoznačne ich výrobná funkcia. Identifikujú sa len funkčne významné prvky. Funkčne menej významné prvky sa v návrhu neposudzujú a použije sa u nich údržba po poruche.

Funkčne významné prvky sú také, u ktorých poruchy môžu spôsobiť: [10, str.110]

- Poruchu ovplyvňujúcu bezpečnosť, životné prostredie, aj skryto
- Poruchu s významným dopadom na prevádzku a údržbu
- Poruchu s významným ekonomickým dopadom

Porucha ovplyvňujúca bezpečnosť, životné prostredie, aj skryto táto skupina zahŕňa všetky poruchy zariadenia, ktoré môžu kriticky ovplyvniť bezpečnosť prevádzky alebo konštrukciu stroja. Táto skupina zahŕňa aj skryté poruchy, ktoré sa prejavia až vzájomným pôsobením s inou vzniknutou poruchou a vzájomne budú mať vplyv na bezpečnosť. Cieľom vytvorenia plánovanej údržby pre danú skupinu je zabrániť vzniku poruchy zariadenia.

Porucha s významným dopadom na prevádzku a údržbu táto skupina zahŕňa všetky poruchy zariadenia, ktoré môžu mať nepriaznivý vplyv na prevádzku a údržbu zariadenia. Porucha tohto typu spôsobí prestoj zariadenia. Cieľom vytvorenia plánovanej údržby pre danú skupinu je minimalizovať možnosť vzniku poruchy.

Porucha s významným ekonomickým dopadom táto skupina zahŕňa všetky poruchy zariadenia, ktoré môžu mať nepriaznivý vplyv na náklady spôsobené vznikom chybných dielov, prerušením výroby pre dobu potrebnú pre odstránenie poruchy, ako aj náklady na opravu vzniknutej poruchy. Cieľom vytvorenia plánovanej údržby pre danú skupinu je zabezpečenie nižších nákladov pri vykonávaní preventívnej údržby, ako pri nákladoch vzniknutých pri používaní údržbového systému po poruche.



3.3.2 ANALÝZA PORÚCH FUNKCIE ZARIADENIA

Pre analýzu porúch funkcie prvkov konštrukčnej skupiny potrebnej na vytvorenie programu údržby zameranej na bezporuchovosť je najvhodnejšie použiť metódu analýzy spôsobu a následku porúch (FMEA/FMECA) podľa normy ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systému- Postup analýzy spôsobu a následku porúch (FMEA).

FMEA analýza spôsobu a následku poruchových stavov je kvalitatívna analýza spôsobu poruchy v sledovanom systéme. Predstavuje postup popisujúci priebeh vzniku a následku poruchy. [11, str.42]

FMECA analýza následku identifikovaných poruchových stavov je to rozšírenie metódy FMEA o hodnotenie následkov poruchy a pravdepodobnosti ich výskytu.

Na základe analýzy FMEA funkcie konštrukčnej skupiny sa identifikujú poruchy funkcie, ktoré majú významný vplyv na výrobnú funkciu zariadenia. Poruchy môžu spôsobiť úplnú stratu funkcie, prípadne prerušovanú funkciu zariadenia alebo spôsobia, že požadovaná výkonnosť funkcie nebude dosiahnutá. Následne sa vyhodnotí aký prvok konštrukčnej skupiny môže spôsobiť danú poruchu výrobnéj funkcie a aký následok môže spôsobiť vznik prípadnej poruchy prvku na výrobnú funkciu celého zariadenia. Výsledkom FMEA analýzy je rizikové prioritné číslo.

Rizikové prioritné číslo:

$$RPN = P \cdot O \cdot N [-] [2, \text{str.362}]$$

RPN [-] - rizikové prioritné číslo

P [-] - pravdepodobnosť poruchy

O [-] - odhaliteľnosť poruchy

N [-] - následok poruchy

Rizikové prioritné číslo sa získa zo súčinu troch hodnôt P, O a N. Tieto hodnoty predstavujú charakteristiky vyjadrujúce závažnosť poruchy funkcie prvku vzhľadom na celkovú funkciu zariadenia. Kde hodnota P predstavuje pravdepodobnosť vzniku poruchy na prvku zariadenia, hodnota O predstavuje odhaliteľnosť vzniknutej poruchy na prvku zariadenia a N predstavuje následok, aký má prípadný vznik poruchy prvku na zariadenie. Hodnota každej z týchto charakteristík je pridelovaná na základe expertného odhadu a môže nadobúdať hodnoty 1-10, pričom hodnota 1 predstavuje najmenší vplyv a závažnosť poruchy prvku na zariadenie a naopak 10 predstavuje najväčší vplyv a závažnosť poruchy prvku na zariadenie. Prehľad významu jednotlivých bodov je uvedená v tab.1. Výsledná hodnota rizikového prioritného



číslo môže nadobúdať hodnoty 1-1000, pričom medzná hodnota kritickosti poruchy závisí od požiadavkou prevádzanej analýzy.

Tab.1 Prehľad významu jednotlivých bodov [12]

| Pravdepodobnosť výskytu spôsobu poruchy | | Odhaliteľnosť poruchy | | Následok poruchy | |
|--|----|-----------------------|----|--------------------------|----|
| P | | O | | N | |
| Veľmi slabý: Porucha je nepravdepodobná | 1 | Takmer istá | 1 | Žiadna | 1 |
| Nízka: Pomerne málo porúch | 2 | Veľmi vysoká | 2 | Veľmi málo významná | 2 |
| | 3 | Vysoká | 3 | Málo významná | 3 |
| Stredný: Občasné poruchy | 4 | Stredne vysoká | 4 | Veľmi nízka | 4 |
| | 5 | Stredná | 5 | Nízka | 5 |
| | 6 | Nízka | 6 | Stredná | 6 |
| Vysoký: Opakujúce sa poruchy | 7 | Veľmi nízka | 7 | Vysoká | 7 |
| | 8 | Slabá | 8 | Veľmi vysoká | 8 |
| Veľmi vysoký: Je takmer nevyhnutelný | 9 | Veľmi slabá | 9 | Nebezpečná s varovaním | 9 |
| | 10 | Absolútne neistá | 10 | Nebezpečná bez varovania | 10 |

3.3.3 VOĽBA ÚLOH ÚDRŽBY

Po prevedení analýzy porúch funkcie zariadenia, v ktorej sa zistili príčiny a následky porúch funkcie predstavuje ďalší krok tvorby programu údržby voľba úloh údržby. „Podstatou tohto kroku je zisťovanie, či existuje použiteľný a efektívny údržbársky zásah, ktorý zabráni identifikovanej poruche alebo zmierni jej následky.“ [15, str.7]

Prostriedky údržby zahrňujú: [10, str.112]

- Mazanie, čistenie, nastavovanie
- Vizuálnu kontrolu
- Inšpekciu, prehliadku, kontrolu funkcií, diagnostiku
- Obnovu (opravu, výmenu)
- Vyradenie a ekologickú likvidáciu



Mazanie, čistenie, nastavovanie slúži na zabezpečenie požadovanej inherentnej spoľahlivosti zariadenia. Mazanie znižuje opotrebovávanie mechanických častí zariadenia a tým predlžuje jeho technický život. Medzi činnosti mazania patrí napr. doplnenie alebo výmena olejov. Čistenie požadovaných častí zariadenia je vyžadované pre odstránenie nečistôt. Prílišné znečistenie niektorých častí, môže viesť napr. ku zhoršeniu chladenia, zníženiu kvality produkcie. Nastavenie zariadenia je dôležitá z hľadiska obnovy požadovaných hodnôt funkcie prvkov, ktoré sa počas prevádzky zariadenia vychýlili.

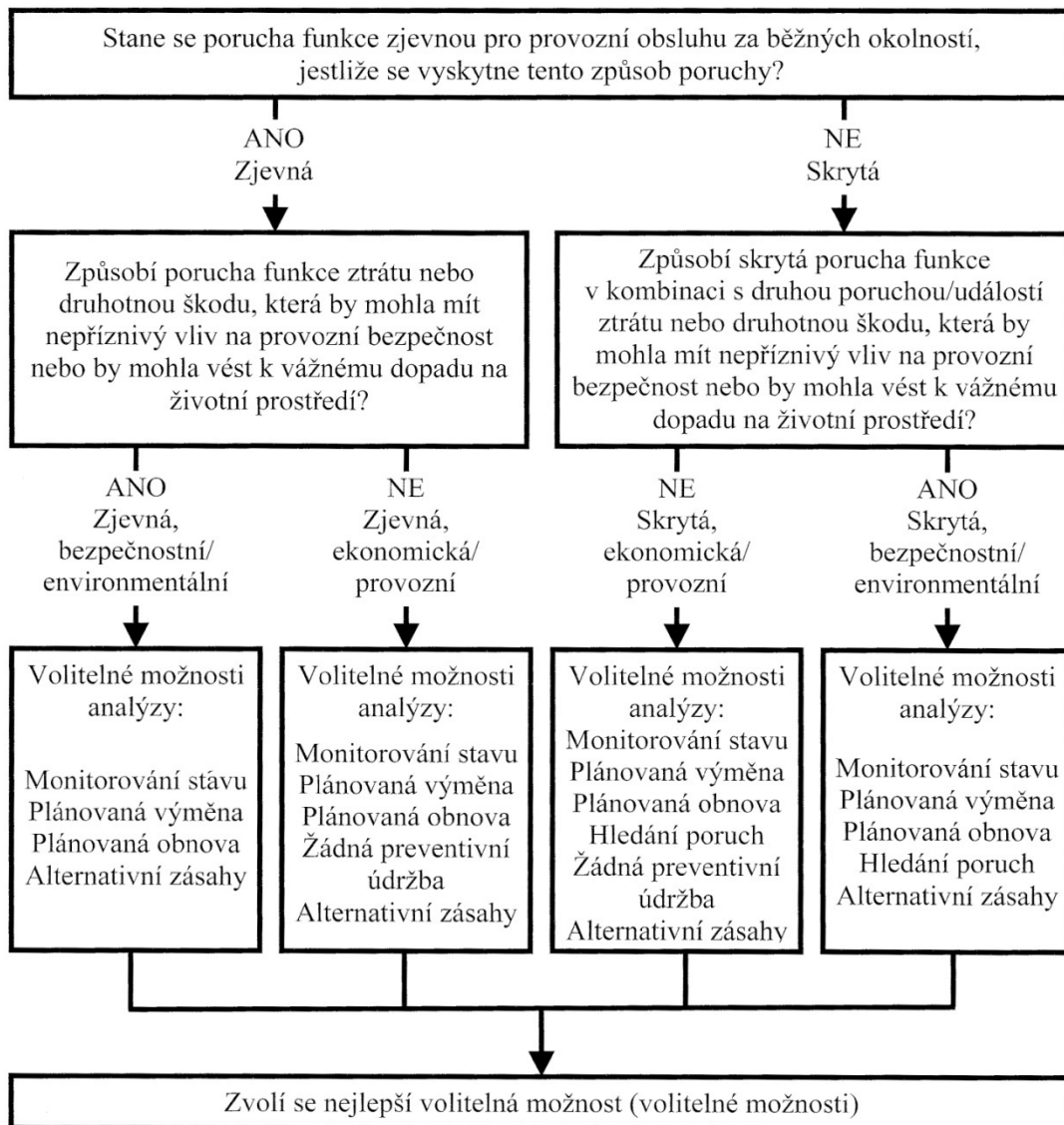
Vizuálna kontrola je prevádzaná zväčša obsluhou zariadenia. Slúži na zisťovanie porúch funkcie, ktoré sú ľahko viditeľné.

Inšpekcia, prehliadka, kontrola funkcií, diagnostika predstavujú činnosti pri ktorých sa zisťuje, či prvok zariadenia vykonáva požadovanú funkciu a zároveň funkcia spĺňa požadované technické parametre. Na rozdiel od vizuálnej kontroly sú pri týchto činnostiach využívané meracie prístroje prípadne diagnostika.

Obnova (oprava, výmena) predstavuje činnosti, ktoré vykonávame pre navrátenie zariadenia do pôvodného požadovaného stavu. Pri oprave môže dochádzať k čisteniu, mazaniu a nastavovanie alebo k výmene niektorých prvkov zodpovedajúcich častí zariadenia. Výmena predstavuje plánovanú výmenu zodpovedajúcich častí zariadeniam, ktorá nastáva po prekročení hranici životného cyklu zodpovedajúcej časti. Pri každej súčasti v pláne údržby definujeme, aké činnosti sa majú na príslušných častiach zariadenia vykonávať.

Vyradenie a ekologická likvidácia v tomto prípade na rozdiel od predchádzajúceho nedochádza k výmene jednej z častí, ale k výmene celej konštrukčnej skupiny novou.

Pre vhodný prostriedok údržby sa rozhodujeme na základe rizikového prioritného čísla a posúdenia následkov porúch. Následok poruchy posudzujeme z hľadiska či vzniknutá porucha je zjavná alebo skrytá, či má bezpečnostný/ environmentálny následok alebo ekonomický/ prevádzkový následok. Tento logický prístup, ktorý vedie k voľbe vhodného prostriedku údržby je znázornený na obr.7.



Obr.7 Diagram rozhodovania v RCM [2, str.326]

Interval výkonu údržby sa volí tak, aby bola dosiahnutá požadovaná úroveň bezporuchovosti a zároveň bol nákladovo optimálny. Zároveň sa volí spoločne pre jednotlivé časti stroje skupiny na zabránení vzniku zbytočného rizika poruchy vznikom ľudského faktora.

Stanovenie intervalu prebieha na základe informácií z niektorých týchto zdrojov: [15, str.7]

- Predchádzajúcich znalostí
- Údajoch zo skúšok
- Údajov o bezporuchovosti a ekonomických dopadoch

Pri dostatku informácií z týchto zdrojov je vhodné použiť matematický model stanovenia intervalu. Avšak pri nedostatku informácií sa interval výkonu údržby môže voliť na základe znalostí skúsených pracovníkov a konštruktérov.



3.3.4 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA

V tejto fáze tvorby programu údržby zameranej na bezporuchovosť príde k samotnému zavedeniu navrhnutého údržbového programu do prevádzky. Pred samotným zavedením sa však ešte musí stanoviť zodpovednosť za vykonávanie jednotlivých krokov údržby. Pri stanovení zodpovednosti musíme zohľadňovať časovú ako aj odbornú zložitosť daného výkonu a zároveň možnosti spoločnosti. Údržbu môže vykonávať servisná firma, oddelenie údržby a menej náročné výkony obsluha zariadenia. Z hľadiska nákladov je priaznivejšie uprednostniť oddelenie údržby pred servisnou firmou, avšak ak firma nemá k dispozícii vhodne vyškolených pracovníkov údržby, prípadne materiálové alebo technické zabezpečenie na vykonávanie daného bodu údržby, musí sa voliť servisná firma. Rovnako musíme stanoviť počet pracovníkov údržby potrebných pre daný výkon.

Pred zavedením navrhovaného programu údržby prichádza, tiež k odstráneniu duplicitných činností, kde dochádza k odstraňovaniu nadbytočných výkonov údržby. Týmto krokom sa znížia náklady na výslednú údržbu a zároveň môže prísť k zvýšeniu bezporuchovosti odstránením ľudského faktora vyskytujúceho sa pri vykonávaní programu údržby.

3.3.5 NEUSTÁLE ZLEPŠOVANIE

Metóda tvorby údržby zameranej na bezporuchovosti je založená na neustálom skúmaní a zlepšovaní programu údržby. Po aplikácii vytvoreného programu údržby sa naďalej získavajú dáta z prevádzky v ktorých sa monitoruje efektívnosť údržby, dosahovanie požadovanej bezporuchovosti a tým zároveň spoľahlivosti zariadenia, efektívnosť nákladov na údržbu a zároveň sa skúma vplyv starnutia na zariadenie. Na základe získaných dát sa znovu vykonáva analýza porúch funkcie zariadenia a nasledujúce kroky tvorby údržby zameranej na bezporuchovosť. Efektívne využitie tejto metódy sa dosahuje teda až po určitom čase, tým že sa vykonávaná údržba neustále sleduje a zlepšuje.

Okrem zberu dát z prevádzky sa môže na posúdenie údržbového programu zameraného na bezporuchovosť použiť aj niektorá z existujúcich metód ako napr. metódu SWOT. Pomocou tejto metódy dochádza k vyhodnocovaniu fungovania údržbového systému, pri ktorom môže prísť k odhaleniu problémov, prípadne k zisteniu o možnosti ďalšieho rozvoja a zlepšenia existujúceho údržbového systému. Vyhodnocovanie prebieha formou identifikácie a rozdelenia faktorov vplývajúcich na systém do 4 skupín, ktoré vyjadrujú silné stránky, slabé stránky, možnosti rozvoja a hrozby systému. Výsledkom metódy SWOT sú kvalitatívne informácie získané na základe vzájomného pôsobenia silných a slabých stránok na jednej strane a možnosti rozvoja a hrozieb na strane druhej. [10]



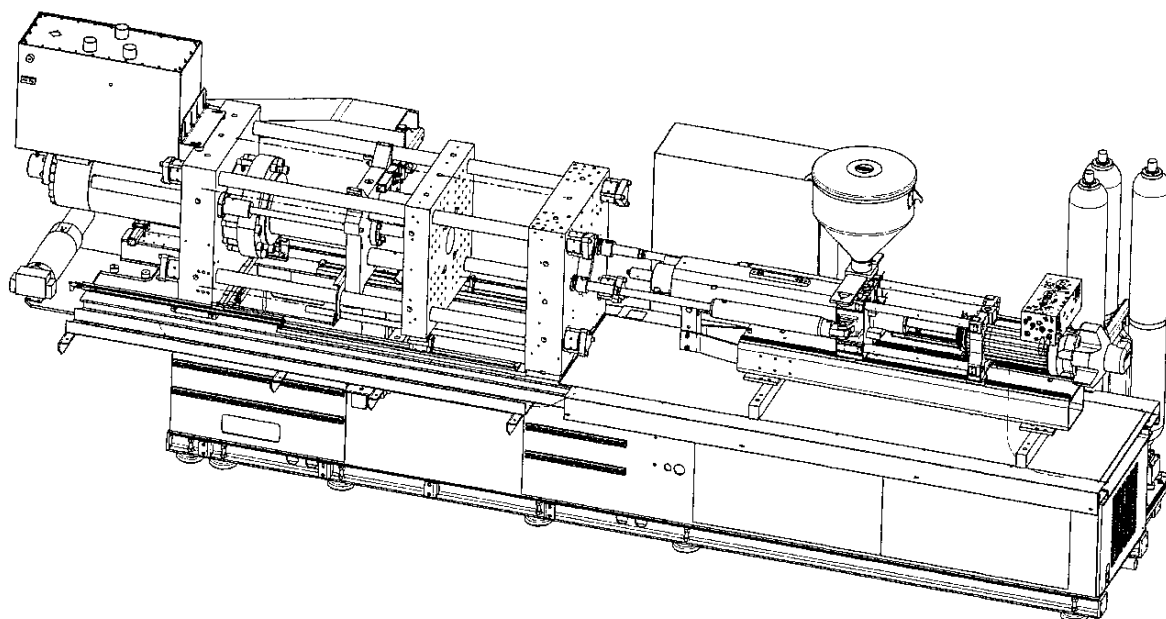
4 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA METÓDY RCM

Postup tvorby programu údržby zameranej na bezporuchovosť RCM názorne ukážem na zariadení pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC 250. Pri praktickej realizácii metódy RCM som spolupracoval so spoločnosťou RF, spol. s r. o. sídliacej v meste Malacky, ktorá je dcérskou spoločnosťou Richard Fritz spol, s r. o. Táto spoločnosť sa zaoberá obstrekovaním zadných a predných okien (reakčnou technológiou), obstrekovaním bočných okien (vstrekolisovaním), výrobou a montážou modulov okien, výrobou a spracovaním plastov a výrobkov z gumy a engineeringom v oblasti vstrekovania plastov. Zariadenie pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC 250 je tu využívané na vytváranie obstreku bočných okien automobilov typu VW Touareg, Porsche Cayenne, Audi Q7, Porsche Cayman a ďalšie.

4.1 ZARIADENIE PRE VSTREKOVANIE PLASTOV FERROMATIK MILACRON K-TEC250

Ferromatik Milacron K-TEC250 je zariadenie pre vstrekovanie plastov s horizontálnou zatváracou jednotkou. Zariadenie sa skladá z piatich hlavných častí:

- Vstrekovacej jednotky
- Zatváracej jednotky
- Hydraulického systému
- Elektrického a elektronického zariadenia
- Ovládacieho terminálu



Obr. 8 Zariadenie pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC250 [13, 4-8]

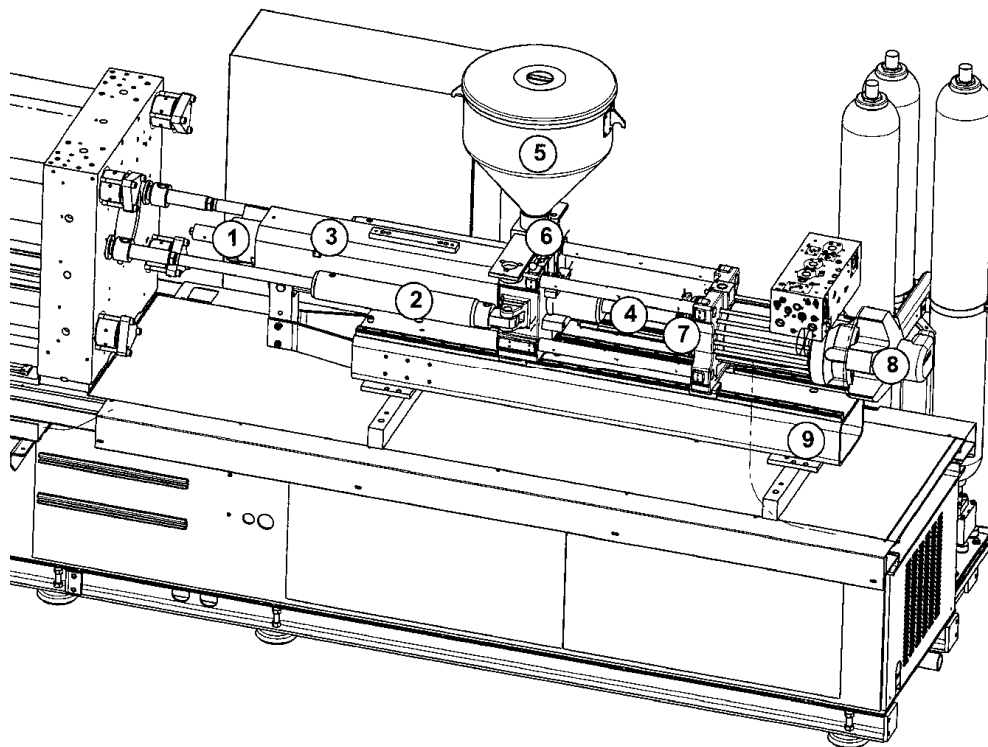


4.1.1 VSTREKOVACIA JEDNOTKA ZARIADENIA

Vstrekovacia jednotka slúži na roztavenie privádzaného granulátu a dopravenie taveniny do formy vstrekolisového zariadenia. Granulát v surovom stave sa vkladá do násypky materiálu, odkiaľ sa dostáva do valca závitovky. Následne dochádza k plastifikácii granulátu, pôsobením topných pásov v závitovom valci. Hydraulický motor otáča závitovkou, ktorá posúva postupne surový materiál, pričom dochádza pri pohybe materiálu k jeho plastifikácii a homogenizácii. Počas plnenia závitovkového valca je závitovka tlačaná dozadu. Po uzavretí formy a dosiahnutí uzatváracej sily sa celá závitovka pôsobením hydraulického motora posúva dopredu a pod tlakom vstrekuje tryskou do formy plastifikovaný materiál. [13, 14]

Základné časti vstrekovacej jednotky zariadenia obr. 9:

1. Teleso a hlava trysky
2. Pojazdové valce
3. Valec závitovky
4. Závitovka
5. Násypka materiálu
6. Telo násypky
7. Vstrekovací valec
8. Hydraulický motor
9. Nosník s lineárnym vedením



Obr. 9 Vstrekovacia jednotka zariadenia [13, str.4-4]

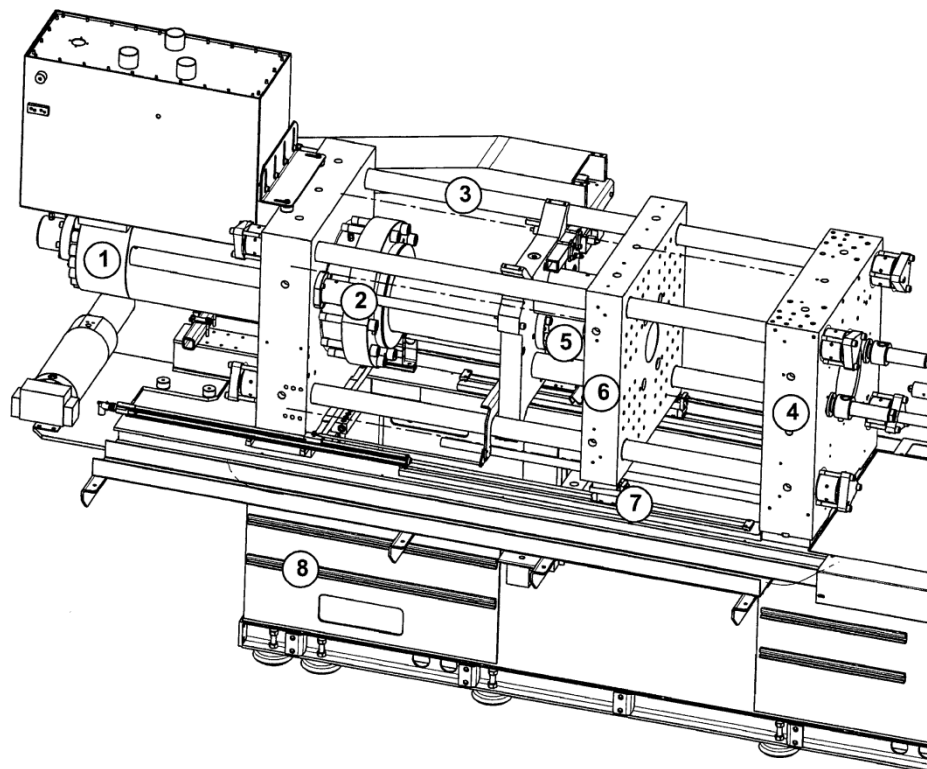


4.1.2 ZATVÁRACIA JEDNOTKA ZARIADENIA

Zatváracia jednotka s priamym hydraulickým posuvom je zložená z pohyblivej a nepohyblivej upínacej dosky formy. Pohyblivá upínacia doska formy je vedená na vodiacich tyčiach a je posúvaná priamo piestnicou hydraulického valca. Pohyb piestnice hydraulického valca je zabezpečený vplyvom tlaku hydraulického oleja. Po dokončení vstrekovacieho procesu a chladiacej fáze sa pohyblivá strana formy otvorí a následne výlisok pomocou hydraulického vyhadzovača vysunie. Poloha formy je neustále monitorovaná pomocou lineárneho meracieho systému. Vzhľadom na bezpečnosť musí byť uzatváracia jednotka vybavená elektronickými a mechanickými zabezpečovacími prvkami. [13, 14]

Základné časti zatváracej jednotky zariadenia obr.10:

1. Zatvárací valec
2. Pojazdový valec
3. Vodiace tyče
4. Nepohyblivá upínacia doska formy
5. Vyhadzovač
6. Pohyblivá upínacia doska formy
7. Valčekový jazdec
8. Koľajnice profilu C k montáži rôznych súčastí



Obr. 10 Zatváracia jednotka (bez ochranných krytov) [13, str.4-2]

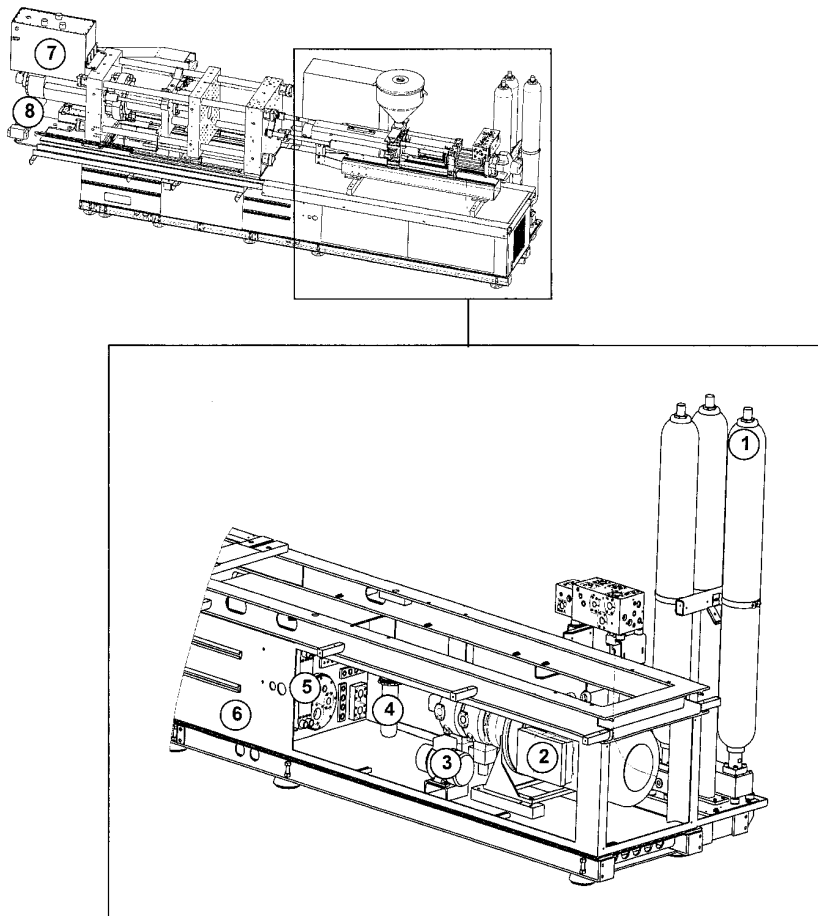


4.1.3 HYDRAULICKÝ SYSTÉM

Hydraulický systém zabezpečuje vo vstrekovacej jednotke pohyb agregátu, vstrekovanie, spätný pohyb závitovky a spúšťanie hydraulickéj trysky pomocou dorovnávačej tlakovej nádrže. Pomocou hydraulického motora je prevádzaná plastifikácia granulótu. V zatváracej jednotke vzniká pomocou hydraulického tlaku oleja zatváracia sila, pomocou hydraulického valca prebiehajú pohyby pohyblivej časti formy, jadier a vyhadzovača. Dosádzacia nádrž plní zatvárací valec hydraulickým olejom a tým zabezpečuje urýchlenie vytvorenia zatváracieho tlaku. [13]

Základné časti hydraulického systému obr.11:

1. Tlaková nádrž
2. Pohonná jednotka
3. Elektrické čerpadlo pre filtráciu oleja a chladenie
4. Olejový filter
5. Doskový tepelný výmenník
6. Hlavná nádrž
7. Dosádzacia nádrž
8. Tlakový prevodník



Obr. 11 Hydraulické zariadenie [13, str.4-6]

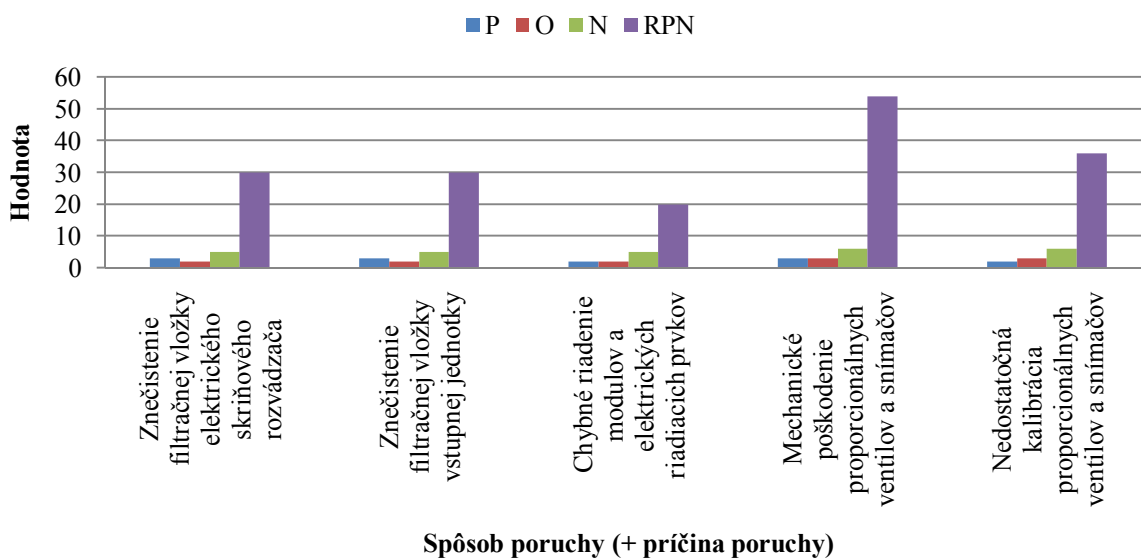


4.2 ANALÝZA PORUCHY FUNKCIE ZARIADENIA

Na základe normy ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systému- Postup analýzy spôsobu a dôsledku porúch (FMEA) sa vyhotovila analýza porúch funkcie dôležitých častí vstrekovacej jednotky, zatváracej jednotky, hydraulického zariadenia a elektrického a elektronického zariadenia. Na základe FMEA analýzy (viď príloha č.1) je možné zistiť, ktoré poruchy majú najvyššiu pravdepodobnosť výskytu, najvyššiu mieru odhaliteľnosti, a ktorá porucha zariadenia spôsobuje najväčší následok. Výsledkom týchto hodnôt je celkové rizikové prioritné číslo poruchy funkcie. Najväčšiu pozornosť je potrebné venovať poruchám s najvyššou hodnotou rizikového prioritného čísla.

4.2.1 RIADENIE FUNKCIE ZARIADENIA

Pri riadení funkcie zariadenia pomocou riadiaceho systému môžu nastať dve skupiny porúch funkcie, a to porucha samotného riadiaceho systému alebo porucha monitorovania a riadenia stroja. Prvá skupina porúch je spôsobená znečistením filtračnej vložky elektrického skriňového rozvádzača, znečistením filtračnej vložky vstupnej jednotky a chybným riadením modulov a elektrických riadiacich prvkov. Druhú skupinu porúch funkcie zapríčiňuje, buď mechanické poškodenie, alebo nedostatočná kalibrácia proporcionálnych ventilov a snímačov. Na základe výsledkov FMECA analýzy sa zostrojil nižšie uvedený graf.



Obr. 12 Graf poruchy funkcie riadenia zariadenia

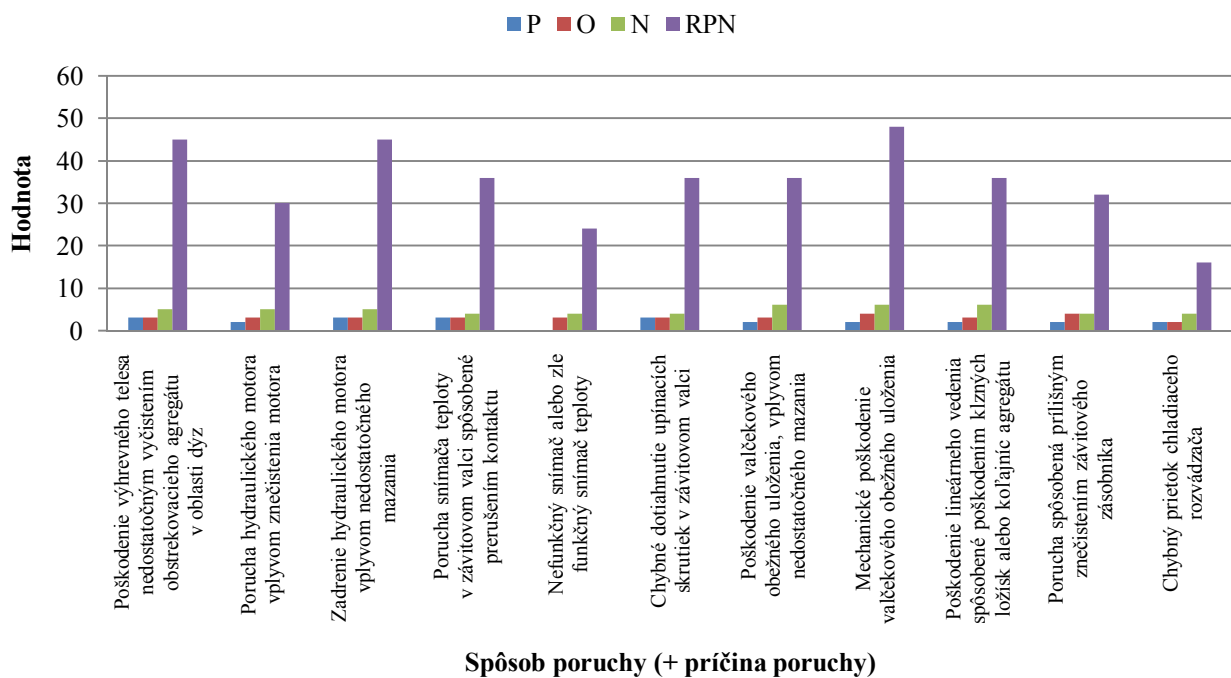
Z vyššie uvedeného grafu vyplýva, že pravdepodobnosť výskytu spôsobu poruchy je vo všetkých prípadoch na nízkej úrovni a taktiež odhaliteľnosť poruchy je veľmi vysoká, čo sa považuje za pozitívne. Najväčší problém je viditeľný v prípade následkov poruchy. Najvyššiu hodnotu dosahujú poruchy monitorovania a riadenia stroja, a to najmä nefunkčnosťou



monitorovania a riadenia odpovedajúcich častí zariadenia alebo nestabilným dávkovaním plastickej hmoty, chybným uzatváraním formy a chybným riadením hydraulického zariadenia. Z hľadiska najvyššieho RPN, ktoré dosahuje mechanické poškodenie proporcionálnych ventilov a snímačov, sa prichádza k záveru, že práve na uvedený spôsob poruchy musí spoločnosť najviac zamerať svoju pozornosť a snažiť sa o jej rýchle odhalenie a zmierenie následkov.

4.2.2 VSTREKOVANIE TAVENINY DO DUTINY FORMY

Na vstrekovacej časti zariadenia, ktorá má funkciu vstrekovania taveniny do dutiny formy môže nastať niekoľko druhov porúch funkcie vstrekovania taveniny, chybným otáčaním závitovky, chybným zobrazovaním teploty taveniny, únikom taveniny, chybným dávkovaním materiálu, chybným pohybom vstrekovacej jednotky alebo chybným kolobehom chladiacej vody. Každá z týchto porúch funkcie môže vzniknúť inou príčinou, mať inú pravdepodobnosť výskytu, inú odhaliteľnosť a následok poruchy. Ako príklad príčiny vzniku poruchy sa môžu uviesť poškodenie výhrevného telesa obstrekovacieho agregátu, porucha hydraulického motora vplyvom znečistenia motora, zadrenie hydraulického motora vplyvom nedostatočného mazania, porucha snímača teploty v závitovom valci spôsobené prerušením kontaktu, nefunkčný snímač alebo zle funkčný snímač teploty, chybné dotiahnutie upínacích skrutiek v závitovom valci, poškodenie valčekového obežného uloženia, vplyvom nedostatočného mazania, mechanické poškodenie valčekového obežného uloženia, poškodenie lineárneho vedenia spôsobené poškodením klzných ložísk alebo kolajníc agregátu, porucha spôsobená prílišným znečistením závitového zásobníka, chybný prietok chladiaceho rozvádzača.



Obr. 13 Graf poruchy funkcie vstrekovania taveniny do dutiny formy

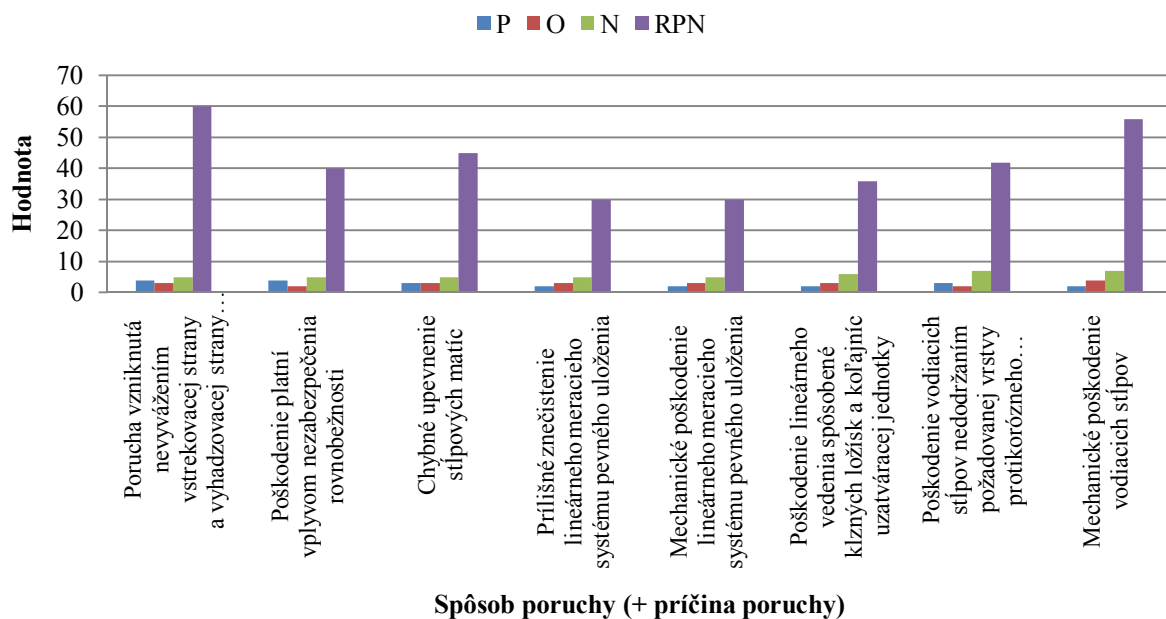
Z grafu zobrazujúceho výsledné hodnoty získané z FMEA analýzy je zrejmé, že najzávažnejšie spôsoby poruchy na vstrekovacej časti zariadenia z hľadiska RPN tvoria najmä poškodenie lineárneho vedenia a mechanické poškodenie valčekového obežného uloženia, ktorých závažnosť sa týka najmä veľkých ekonomických strát vzniknutých pri



odstraňovaní týchto porúch. Pravdepodobnosť výskytu týchto porúch funkcie je o niečo vyššia ako u ostatných porúch, vzhľadom na možnosť vplyvu ľudského faktora. Ďalej sú tiež závažné poruchy funkcie spôsobené poškodením výhrevného telesa obštruktívneho agregátu alebo poškodením hydraulického motora, ktoré vedú k odstaveniu zariadenia.

4.2.3 UZATVÁRANIE FORMY ZARIADENIA

Porucha uzatvárania formy vstrekolisu môže byť spôsobená nasledovnými základnými poruchami funkcie, a to chybným uzatvorením formy, chybným vedením uzatváracej jednotky a nepresným zobrazením polohy. Chybné uzatvorenie zatváracej jednotky môže byť spôsobené nevyvážením alebo nezabezpečením rovnobežnosti nepohyblivej a pohyblivej strany formy alebo chybným upevnením stĺpových matíc. Nepresné zobrazenie polohy uzatváracej časti formy je spôsobené prílišným znečistením alebo mechanickým poškodením lineárneho meracieho systému. Chybné vedenie uzatváracej časti môže byť spôsobené poškodením lineárneho vedenia alebo poškodením vodiacich stĺpov.



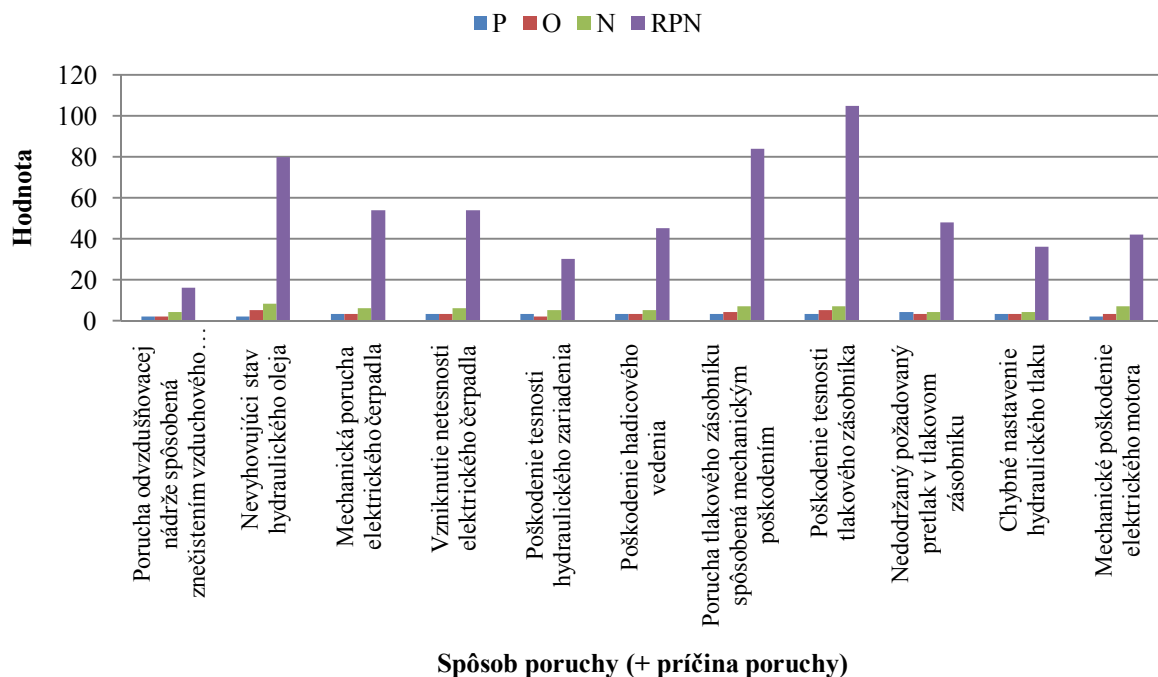
Obr. 14 Graf poruchy funkcie uzatvárania formy zariadenia

Najvyššiu hodnotu čísla RPN na základe FMEA analýzy dosahuje porucha vzniknutá nevyvážením vstrekovacej strany a vyhadzovacej strany jednotky a poškodenie platní vplyvom nezabezpečenia rovnobežnosti. Závažnosť tejto poruchy je zapríčinená vyššou pravdepodobnosťou výskytu a nižšou odhaliteľnosťou. Taktiež vysoké číslo RPN dosahuje porucha spôsobená mechanickým poškodením vodiacich stĺpov. Z tohto dôvodu, by sa mala vykonávať kontrola v rámci preventívnej údržby častejšie.



4.2.4 HYDRAULICKÉ RIADENIE ZARIADENIA

Hydraulické zariadenie môže byť poškodené chybným vedením hydraulického oleja v hydraulickom zariadení, chybným odvzdušnením hydraulického zariadenia, chybným alebo kolísajúcim tlakom oleja v systéme alebo chybnou filtráciou a chladením oleja. Porucha funkcie chybným vedením môže byť spôsobená poškodením tesnosti na hydraulickom zariadení alebo poškodením hadicového vedenia. Chybné odvzdušnenie hydraulického zariadenia spôsobuje porucha odvzdušňovacej nádrže. Chybný alebo kolísajúci tlak je zapríčinený poruchou tlakového zásobníka, elektrického motora, prípadne chybným nastavením tlaku v systéme. Chybná filtrácia a chladenie oleja môže byť zapríčinená poruchou elektrického čerpadla, prípadne používaním nevyhovujúceho oleja.



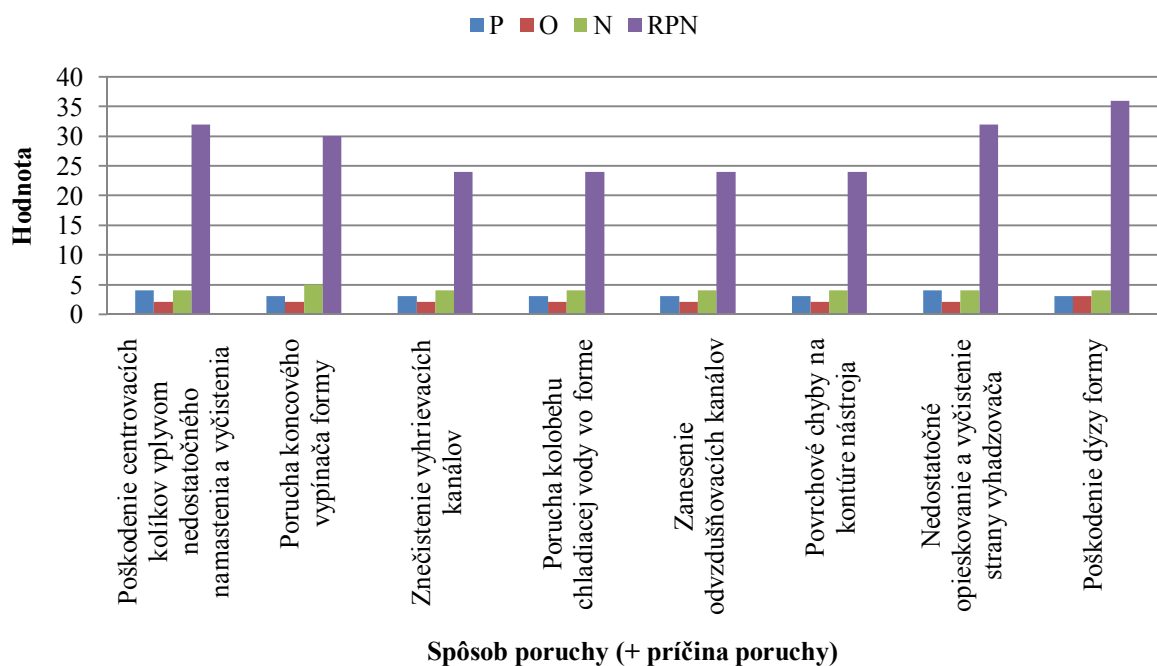
Obr. 15 Graf poruchy funkcie hydraulického riadenia zariadenia

Výsledné hodnoty RPN získané z FMEA analýzy sú vyššie ako u ostatných častí zariadenia, pretože hydraulickým systémom sa vykonávajú najdôležitejšie funkcie zariadenia. Vysoké číslo RPN dosahuje porucha spôsobená nevyhovujúcim stavom hydraulického oleja, pretože následok tejto poruchy môže spôsobiť zničenie veľkej časti hydraulického systému a odhaliteľnosť tejto poruchy bez vykonávania požadovanej preventívnej kontroly je veľmi nízka. Ďalej vysoké hodnoty čísla RPN dosahujú poruchy tlakového zásobníka, ktorý má síce vplyv vo veľkom aj na činnosť zariadenia, ale vysoké číslo následku poruchy je najmä kvôli možnosti poškodenia životného prostredia. Ďalej má vysoké číslo RPN tiež porucha elektrického čerpadla, ktorá má vplyv na procesné parametre a životné prostredie, ale čerpadlo je proti úniku oleja zabezpečené odtokovou vaňou a preto je číslo závažnosti výrazne nižšie ako u poruchy tlakového zásobníka.



4.2.5 VYTUHNU Tie TAVENINY V POŹADOVANOM TVARE, ROZMERE A KVALITE

Na poruchu funkcie zariadenia vplýva vo veľkom aj samotná forma zariadenia na vstrekovanie plastov, nedostatočná údržba tejto časti spôsobí chybné vytuhnutie taveniny a tým vedie k vzniku zmätkov. Poruchu vytuhnutia taveniny vo forme môže spôsobiť niekoľko porúch a to zanesenie odzdušňovacích kanálov, porucha kolobehu chladiacej vody vo forme alebo znečistenie vyhrievacích kanálov. Ďalej môže spôsobiť poruchu viditeľnej kvality výlisku a to povrchovými chybami alebo nedostatočným opieskovaním a vyčistením formy. Ďalej na poškodenie formy vplýva tiež poškodenie centrovacích kolíkov alebo poškodenie dýzy nástroja.



Obr. 16 Graf poruchy funkcie vytuhnutia taveniny v požadovanom tvare, rozmere a kvalite

Výsledné hodnoty RPN pre danú funkciu zariadenia podľa FMEA analýzy vychádzajú nižšie ako u ostatných častí zariadenia, pretože poruchy vo forme nemajú vplyv na funkciu celého zariadenia, ale len na výslednú kvalitu produktu. Vyššiu hodnotu následkov vzhľadom na bezpečnosť má porucha koncového vypínača formy. Na základe nefunkčného koncového vypínača riadiaci systém automaticky zastaví zariadenie. Týmto spôsobom sa predchádza poruche a na zariadení prichádza len k prestopu.

Vzhľadom na dôležitosť funkcie vytuhnutie taveniny v požadovanom tvare, rozmere a kvalite je potrebné vykonávať preventívnu údržbu čistením a mazaním, čím sa v konečnom dôsledku zabráni vzniku zmätkov vo výrobe a prípadným reklamáciám.



4.3 VOĽBA ÚLOH ÚDRŽBY

Na základe porúch funkcie získaných z FMEA analýzy sa posúdili tieto poruchy funkcie z hľadiska vplyvu na životné prostredie, bezpečnosť a vplyv poruchy na prevádzku. Zároveň sa aj zohľadnilo či je vzniknutá porucha skrytá alebo je zjavná. Posúdenie zistených porúch vyplývajúcich z FMECA analýzy sa zapísali do dole uvedenej tab. 2, kde sa v časti posúdenie následkov porúch priradil index A alebo N, ktoré predstavujú A- áno a N- nie postupne do jednotlivých bodov, ktoré predstavujú H- vzniknutá porucha je skrytá, S- vzniknutá porucha má vplyv na bezpečnosť, E- vzniknutá porucha má vplyv na životné prostredie a P_z- vzniknutá porucha má vplyv na prevádzku zariadenia. Na základe rizikového prioritného čísla získaného pomocou FMECA analýzy, posúdenia následkov vzniknutej poruchy a odporúčania výrobcu zariadenia v manuály sa zvolil vhodný plán údržby pre každú poruchu, ktorý zahŕňa preventívnu údržbu zariadenia a následné akcie na základe zisteného stavu, alebo pravidelné čistenie a mazanie, prípadne pravidelná výmena prvku zariadenia. Tak aby sme dospeli k zníženiu poruchovosti zariadenia a tým došlo k zvýšeniu bezporuchovosti zariadenia. Ďalej sa volil interval tohto výkonu v akom časovom intervale sa má prípadný zásah alebo preventívna údržba na zariadení má vykonávať. Ako posledný krok sa stanovilo kto je za výkon údržby zodpovedný. Plán údržby sa volí tak aby bola dosiahnutá požadovaná úroveň bezporuchovosti zariadenia a tým zabezpečená požadovaná spoľahlivosť zariadenia a zároveň bola zabezpečené optimálne náklady vynaložené na tieto preventívne zásahy.



Tab.2 Výsledný plán preventívnej údržby RCM

| Č. | Posúdenie následkov | | | | Oprava poruchy | | |
|-----|---------------------|---|---|----------------|--|------------------|-----------------|
| | H | S | E | P _z | Plán údržby | Interval výkonu | Vykonáva |
| 1.1 | A | N | N | A | Plánovaná výmena znečistených filtračných vložiek elektrického skriňového rozvádzača. | Mesačná údržba | Údržba |
| 1.2 | A | N | N | A | Plánovaná výmena znečistených filtračných vložiek vstupnej jednotky. | Mesačná údržba | Údržba |
| 1.3 | A | A | A | A | Kontrola pevného sedenia a správneho zapojenia riadiacich modulov, spínacích prvkov a svoriek. Na základe stavu prípadná oprava. | 3 Mesačná údržba | Servisná firma |
| 1.4 | A | N | N | A | Kontrola poškodenia proporcionálnych ventilov a snímačov. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena. | 6 Mesačná údržba | Údržba |
| 1.5 | A | N | N | A | Kontrola správnej kalibrácie proporcionálnych ventilov a snímačov. Na základe stavu prípadná kalibrácia alebo výmena. | 6 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.1 | N | N | N | A | Plánované čistenie obšrekovacieho agregátu a oblasti dýz od zvyškov materiálu. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 2.2 | N | N | N | A | Kontrola znečistenia motorov. Na základe stavu prípadné čistenie. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.3 | N | N | N | A | Plánované mazanie motorov. | 6 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.4 | N | N | N | A | Kontrola kontaktu snímača teploty na prerušenie. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.5 | A | N | N | A | Kontrola správnej funkčnosti snímača teploty. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena. | 3 Mesačná údržba | Údržba |



| Č. | Posúdenie následkov | | | | Oprava poruchy | | |
|------|---------------------|---|---|----------------|--|------------------|----------|
| | H | S | E | P _z | Plán údržby | Interval výkonu | Vykonáva |
| 2.6 | N | A | A | A | Kontrola zabezpečenia požadovaného doťahovacieho momentu na upínacích skrutkách. Na základe stavu prípadné dotiahnutie upínacích skrutiek na požadovanú hodnotu. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.7 | A | N | N | A | Plánované mazanie valčekového obežného uloženia. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.8 | N | N | N | A | Kontrola poškodenia valčekového obežného uloženia. Na základe stavu prípadná oprava. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.9 | N | A | A | A | Kontrola poškodenia a plánované mazanie klzných ložísk a koľajnic agregátu. Na základe stavu prípadná oprava. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 2.10 | N | N | N | A | Kontrola znečistenia závitníkového zásobníka. Na základe stavu prípadné čistenie alebo oprava. | Ročná údržba | Údržba |
| 2.11 | N | N | N | A | Kontrola dodržania optimálnej hodnoty prietoku chladiaceho rozvádzača. Na základe stavu prípadné nastavenie na požadovanú hodnotu. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 3.1 | N | N | N | A | Plánované vyvažovanie vstrekovacej a vyhadzovacej strany jednotky podľa predpisu pre nastavenie. | 6 Mesačná údržba | Údržba |
| 3.2 | N | N | N | A | Kontrola rovnobežnosti platní formy. Na základe stavu prípadná oprava. | 6 Mesačná údržba | Údržba |
| 3.3 | N | N | N | A | Kontrola upevnenia stĺpovej matice. Na základe stavu prípadná oprava. | 6 Mesačná údržba | Údržba |



| Č. | Posúdenie následkov | | | | Oprava poruchy | | |
|-----|---------------------|---|---|----------------|--|------------------|----------|
| | H | S | E | P _z | Plán údržby | Interval výkonu | Vykonáva |
| 3.4 | N | N | N | A | Plánované čistenie meracieho systému pevného uloženia. | Ročná údržba | Údržba |
| 3.5 | N | N | N | A | Kontrola poškodenia meracieho systému pevného uloženia. Na základe stavu prípadná oprava. | Ročná údržba | Údržba |
| 3.6 | N | A | A | A | Kontrola poškodenia a plánované mazanie klzných ložísk a koľajníc uzatváracej jednotky. Na základe stavu prípadná oprava. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 3.7 | N | N | N | A | Kontrola požadovanej vrstvy protikorózneho a klzného činidla. Plánované mazanie valčekového obežného uloženia. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 3.8 | N | N | N | A | Kontrola poškodenia vodiacich stĺpov. Na základe stavu prípadná oprava | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 4.1 | A | N | N | A | Plánovaná výmena vzduchového filtra nádrže. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 4.2 | A | N | N | A | Kontrola stavu a množstva hydraulického oleja. Na základe stavu prípadné doplnenie alebo výmena. | Mesačná údržba | Údržba |
| 4.3 | A | A | A | A | Kontrola čerpadla na poškodenie. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena | Mesačná údržba | Údržba |
| 4.4 | N | A | A | A | Kontrola čerpadla na tesnosť. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena | Mesačná údržba | Údržba |
| 4.5 | N | A | A | A | Kontrola poškodenia celého hydraulického systému, spojenia, hadicového vedenia, funkčných prvkov hydraulického mechanizmu. Na základe stavu prípadná oprava. | 3 Mesačná údržba | Údržba |
| 4.6 | N | A | A | A | Kontrola poškodenia hadicového vedenia a a tesnosti skrutkového spojenia. Na základe stavu prípadná oprava. | Mesačná údržba | Údržba |



| Č. | Posúdenie následkov | | | | Oprava poruchy | | |
|------|---------------------|---|---|----------------|--|-------------------|-----------------|
| | H | S | E | P _z | Plán údržby | Interval výkonu | Vykonáva |
| 4.7 | N | A | A | A | Kontrola mechanického poškodenia zásobníkov dusíka. Na základe stavu prípadná oprava. | 2 Týždenná údržba | Údržba |
| 4.8 | A | A | A | A | Kontrola zásobníkov dusíka a spojov na tesnosť. Na základe stavu prípadná oprava. | 2 Týždenná údržba | Údržba |
| 4.9 | A | N | N | A | Kontrola pretlaku v zásobníkoch dusíka. Na základe stavu zmeniť pretlak, prípadne doplnenie zásobníku. | Mesačná údržba | Údržba |
| 4.10 | A | A | A | A | Kontrola tlaku v systéme. Na základe stavu prípadné nastavenie. | Ročná údržba | Servisná firma |
| 4.11 | N | N | N | A | Kontrola elektrického motora. Na základe stavu prípadná oprava. | Mesačná údržba | Údržba |
| 5.1 | N | N | N | A | Plánované čistenie a mazanie centrovacích kolíkov. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 5.2 | N | N | N | A | Kontrola funkčnosti koncového snímača. Na základe stavu prípadná oprava alebo výmena. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 5.3 | N | N | N | A | Kontrola a plánované čistenie vyhrievacích kanálov vo forme. Na základe stavu prípadná oprava. | Mesačná údržba | Údržba |
| 5.4 | N | N | N | A | Kontrola kolobehu chladiacej vody vo forme. Na základe stavu prípadná oprava. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 5.5 | A | N | N | A | Kontrola a plánované čistenie odzdušňovacích kanálov. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 5.3 | N | N | N | A | Kontrola kontúry nástroja. Na základe stavu prípadné čistenie alebo oprava. | Denná údržba | Operátor výroby |
| 5.7 | N | N | N | A | Kontrola povrchu, plánované čistenie a pieskovanie viditeľnej oblasti strany vyhadzovača. | Týždenná údržba | Operátor výroby |
| 5.8 | N | N | N | A | Kontrola poškodenia dýzy formy. Na základe stavu prípadná oprava. | Mesačná údržba | Údržba |



ZÁVER

V bakalárskej práci sa zaoberalo problémom teórie údržby. Podrobnejšie sa rozoberalo členenie údržby a následne základné systémy údržby. V kapitole spoľahlivosť technického systému sa vysvetlil pojem spoľahlivosť. Následne sa popísalo aký vplyv môže mať údržba na výslednú spoľahlivosť technického systému.

Práca sa zameriava najmä na údržbu zameranú na bezporuchovosť, kde je vysvetlený pojem a následne tvorba programu údržby zameranej na bezporuchovosť, ktorý som sa pokúsil prakticky realizovať.

Praktická realizácia tvorby programu údržby zameranej na bezporuchovosť sa vykonávala na zariadení určenom pre vstrekovanie plastov Ferromatik Milacron K-TEC250. Pri vytváraní programu údržby sa spolupracovalo s firmou RF spol. s r.o. sídliacou Malackách. Tvorba programu údržby spočívala v rozdelení zariadenia na jednotlivé konštrukčné skupiny, ktorým sa definovala ich výrobná funkcia. Následne sa vykonala podľa normy pre FMEA analýzu ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systému- Postup analýzy spôsobu a dôsledku porúch (FMEA) analýza porúch funkcie týchto konštrukčných skupín. Ako ďalší krok sa vykonalo posúdenie následkov zistených porúch. Na základe získaných údajov a taktiež údajov získaných z odporúčania výrobcu z manuálu zariadenia, ako aj odborných konzultácií s firmou RF spol. s r.o. sa stanovil plán a interval výkonu údržby. Po posúdení navrhnutého plánu a intervalu výkonu sa stanovila zodpovednosť za výkon jednotlivých bodov údržby. Vzhľadom na možnosti firmy, čo sa týka požadovanej nákladovosti a odbornej úrovne pracovníkov, sa musela v niektorých bodoch údržby voliť servisná firma. Niektoré body zase vyžadovali pravidelnú úpravu pomocou obsluhy vstrekolisového zariadenia.



POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] VOŠTOVÁ, Věra, František HELEBRANT a Karel JEŘÁBEK. *Provoz a údržba strojů*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 124 s. ISBN 80-01-02531-4.
- [2] LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2013, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [3] FAMFULÍK, Jan. *Teorie údržby*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 132 s. ISBN 80-248-1029-8.
- [4] VALENČÍK, Štefan a Tomáš STEJSKAL. *Základy prevádzky a údržby strojov*. Vyd. 1. Košice: Strojnícka fakulta, TU v Košiciach, 2009, 105 s. ISBN 978-80-553-0252-2.
- [5] SKŘIVÁNEK, Miroslav a Emil POLÍVKA. *Provozní spolehlivost a údržba strojů: Určeno [též] stud. na školách techn. a ekon. směru*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1976, 250 s.
- [6] LEGÁT, Václav. *Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě*. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007, 192 s. ISBN 978-80-02-01949-7.
- [7] MYKISKA, Antonín. *Bezpečnost a spolehlivost technických systémů*. Vyd. 2. přeprac. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004, 206 s. ISBN 80-01-02868-2.
- [8] STODOLA, Jiří. *Provozní spolehlivost BSV: vysokoškolská učebnice*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2012, 140 s. ISBN 978-80-7231-861-2.
- [9] ČSN EN 60300-3-11: 2010 Management spolehlivosti - Část 3-11: Pokyn k použití - Údržba zaměřená na bezporuchovost
- [10] STODOLA, Jiří. *Úvod do teorie údržby*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2009, 126 s. ISBN 978-80-7231-674-8.
- [11] SKOČILASOVÁ, Blanka. *Bezpečnost a spolehlivost ve výrobě*. 1. vyd. Ústí n.L. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2012, 130 s. ISBN 978-80-7414-484-4.
- [12] ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)
- [13] Návod k obsluze, K-TEC175 – K-TEC450, srpen 2006
- [14] Mézl, Milan. *Základy technológie vstrekovania plastov*. Olomouc: Mapro spol.s r.o., 2009, 295 s. ISBN 978-80-970749-7-5

Články v elektronických časopisech a jiné příspěvky

- [15] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST. *Údržba zameraná na bezporuchovost (RCM)*, materiály ze XVII. setkání odborné skupiny pro spolehlivost, Praha, listopad 2004. http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehli_vost/Sborniky/17_RCM.pdf



Zoznam Použitých Skratiek a Symbolov

| | | |
|-----------------|-----|--|
| A | [-] | súčiniteľ využiteľnosti |
| E | [-] | vzniknutá porucha má vplyv na životné prostredie |
| H | [-] | vzniknutá porucha je skrytá |
| N | [-] | následok poruchy |
| n% | [%] | merné náklady opráv |
| O | [-] | odhaliteľnosť poruchy |
| P | [-] | pravdepodobnosť poruchy (str.23) |
| P | [-] | prestoje pre údržbu (str.17) |
| P _c | [-] | pravdepodobnosť odbornej (vedomostnej) úrovne |
| P _{cs} | [-] | pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky systému |
| P _f | [-] | pravdepodobnosť fyzických dispozícií |
| P _{ps} | [-] | pravdepodobnosť kvality psychických vlastností |
| P _s | [-] | pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky stroja |
| P _v | [-] | súčiniteľ výkonnosti |
| P _z | [-] | vzniknutá porucha má vplyv na prevádzku zariadenia |
| S | [-] | vzniknutá porucha má vplyv na bezpečnosť |
| RPN | [-] | rizikové prioritné číslo |
| t | [s] | doba prevádzky |
| Q | [-] | súčiniteľ kvality |
| λ | [-] | intenzita porúch |



ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1 FMEA analýza zariadenia Ferromatik Milacron K-TEC250

Príloha č. 1: FMEA analýza zariadenia Ferromatik Milacron K-TEC250

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|-----------------------------|---|-----------|--|--|----------|----------|----------|------------|
| Riadenie funkcie zariadenia | Porucha riadiaceho systému | 1.1 | Znečistenie filtračnej vložky elektrického skriňového rozvádzača | Pri veľkom znečistení filtračných vložiek môže prísť k prehrievaniu elektrických stýkačov čo môže spôsobiť nefunkčnosť riadiaceho systému. | 3 | 2 | 5 | 30 |
| | | 1.2 | Znečistenie filtračnej vložky vstupnej jednotky | Pri veľkom znečistení vznikne nedostatočné chladenie riadiacej jednotky a následne k prehriatu riadiacej jednotky čo spôsobí: - zamrznutie a nefunkčnosť riadiaceho systému - neefektívnu zmenu parametrov (zmenu teploty ohrevu) - zmätkovitosť výrobkov | 3 | 2 | 5 | 30 |
| | | 1.3 | Chybné riadenie modulov a elektrických riadiacich prvkov | Nepevné sedenie riadiacich modulov, spínacích prvkov a svoriek, alebo chybné zapojenie konektorov proporcionálnych ventilov, systém meniaci dráhy a tlakových snímačov vedie k chybnému riadeniu odpovedajúcich častí zariadenia. | 2 | 2 | 5 | 20 |
| | Porucha monitorovania a riadenia stroja | 1.4 | Mechanické poškodenie proporcionálnych ventilov a snímačov | Nefunkčnosť monitorovania a riadenia odpovedajúcich častí zariadenia. | 3 | 3 | 6 | 54 |
| | | 1.5 | Nedostatočná kalibrácia proporcionálnych ventilov a snímačov | - Nestabilné dávkovanie - Chybné uzatváranie formy - Chybné riadenia hydraulického zariadenia | 2 | 3 | 6 | 36 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---------------------------------------|---|-----------|--|---|----------|----------|----------|------------|
| Vstrekovanie taveniny do dutiny formy | Chybný vstrek taveniny | 2.1 | Poškodenie výhrevného telesa nedostatočným vyčistením obstrekovacieho agregátu v oblasti dýz | Nefunkčnosť zariadenia v dôsledku netavenia granulátu. | 3 | 3 | 5 | 45 |
| | Chybné otáčanie závitovky vo závitovkovom valci | 2.2 | Porucha hydraulického motora vplyvom znečistenia motora | Prílišné znečistenie motorov môže spôsobiť prehriatie motorov, ktoré môže viesť až k zničeniu motora. | 2 | 3 | 5 | 30 |
| | | 2.3 | Zadrenie hydraulického motora vplyvom nedostatočného mazania | Neotáčanie závitovky v dôsledku zničeného motora. | 3 | 3 | 5 | 45 |
| | Zobrazovanie chybnéj teploty taveniny v závitovom valci | 2.4 | Porucha snímača teploty v závitovom valci spôsobené prerušením kontaktu | Nefunkčnosť snímača teploty tým nezabezpečená kontrola teploty. | 3 | 3 | 4 | 36 |
| | | 2.5 | Nefunkčný snímač alebo zle funkčný snímač teploty | <ul style="list-style-type: none"> - Chybné zobrazenie zvýšenia teplôt v plastifikačnom valci na obrazovke riadiacej jednotky - Kolísanie teplôt taveniny - Nedohriatie taveniny na požadovanú teplotu - Zmätkovitosť a nestabilita procesu | 2 | 3 | 4 | 24 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------|---|---|----------|----------|----------|------------|
| Vstrekovanie taveniny do dutiny formy | Únik taveniny v závitovom valci | 2.6 | Chybné dotiahnutie upínacích skrutiek v závitovom valci, vplyvom nezabezpečenia požadovaného krútiaceho momentu predpísaného výrobcom | Nedostatočné dotiahnutie skrutiek na plastifikačnom valci, môže spôsobiť pretekávanie taveniny v priebehu vstrekovania. | 3 | 3 | 4 | 36 |
| | Chybný pohyb vstrekovacej jednotky | 2.7 | Poškodenie valčekového obežného uloženia, vplyvom nedostatočného mazania | Poškodenie valčekového vedenia spôsobuje problémy s posuvom vstrekovacej jednotky po koľajničkách ktorý môže viesť k: - vyoseniu vstrekovacieho agregátu - poškodeniu vstrekovacej formy - nestabilite alebo chybnému priebehu procesu | 2 | 3 | 6 | 36 |
| | | 2.8 | Mechanické poškodenie valčekového obežného uloženia | | 2 | 4 | 6 | 48 |
| | | 2.9 | Poškodenie lineárneho vedenia spôsobené poškodením klzných ložísk alebo koľajníc agregátu | | 2 | 3 | 6 | 36 |
| | Chybné dávkovanie materiálu | 2.10 | Porucha spôsobená prílišným znečistením závitového zásobníka | Prílišné znečistenie závitovkového zásobníka spôsobí predĺženú dobu dávkovania granulátu. | 2 | 4 | 4 | 32 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---------------------------------------|--|-----------|--|--|----------|----------|----------|------------|
| Vstrekovanie taveniny do dutiny formy | Chybný prívod alebo odvod chladiacej vody | 2.11 | Porucha prietoku chladiaceho rozvádzača, spôsobený chybným nastavením prietoku chladiaceho rozvádzača | Chybné nastavenie prietoku spôsobuje možnosť vzniku upchávania a tým vzniká možnosť poruchy chladiaceho rozvádzača čo vedie k nedostatočné chladeniu častí zariadenia. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| Uzatváranie formy | Chybné uzatvorenie formy | 3.1 | Porucha vzniknutá nevyvážením vstrekovacej strany a vyhadzovacej strany jednotky podľa predpisu pre nastavenie | Nevyváženie spôsobí chybné uzatváranie formy a tým príde ku skríženiu zariadenia. | 4 | 3 | 5 | 60 |
| | | 3.2 | Poškodenie platní vplyvom nezabezpečenia rovnobežnosti | Nezabezpečenie rovnobežnosti vedie ku skríženiu zariadenia. | 4 | 2 | 5 | 40 |
| | | 3.3 | Chybné upevnenie stĺpových matíc | Vedie k vzniku odchýlky vo forme spôsobenej uvoľnením stĺpnice. | 3 | 3 | 5 | 45 |
| | Chybné zobrazenie polohy uzatváracej časti formy | 3.4 | Prílišné znečistenie lineárneho meracieho systému pevného uloženia | Prílišné znečistenie spôsobí poškodenie vodítok meracieho systému. | 2 | 3 | 5 | 30 |
| | | 3.5 | Mechanické poškodenie lineárneho meracieho systému pevného uloženia | - Chybné uzatváranie formy - Neuzatvorenie formy - Chyby môžu spustiť varovný alarm stroja | 2 | 3 | 5 | 30 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---------------------------------|--|-----------|---|---|----------|----------|----------|------------|
| Uzatváranie formy | Chybné vedenie uzatváracej časti formy | 3.6 | Poškodenie lineárneho vedenia spôsobené klzných ložísk a koľajníc uzatváracej jednotky | Pri uzatváraní formy možné vyosenie voči vyhadzovacej strane formy. | 2 | 3 | 6 | 36 |
| | | 3.7 | Poškodenie vodiacich stĺpov nedodržaním požadovanej vrstvy protikorózneho a klzného činidla | Pri nedodržaní protikoróznej a klznej ochrany vzniká možnosť vzniku odchýlky vyhadzovacej voči vstrekovacej strane formy a tým k poškodeniu celej vstrekovacej formy. | 3 | 2 | 7 | 42 |
| | | 3.8 | Mechanické poškodenie vodiacich stĺpov | Vznik možnosti odchýlky vyhadzovacej strany formy voči vstrekovacej strane a tým k poškodeniu celej vstrekovacej formy. | 2 | 4 | 7 | 56 |
| Hydraulické riadenia zariadenia | Chybné odvzdušnenie hydraulického systému | 4.1 | Porucha odvzdušňovacej nádrže spôsobená znečistením vzduchového filtra | Pri prílišnom znečistení vzduchových filtrov možný vznik podtlaku v nádrži, ktorá vedie k odstaveniu zariadenia. | 2 | 2 | 4 | 16 |
| | Chybná filtrácia alebo chladenie hydraulického oleja | 4.2 | Nevyhovujúci stav hydraulického oleja | Pri nedostatočnom množstve príde k zastaveniu stroja. Nevhodný stav spôsobí zanesenie filtrov a môže viesť až k poškodeniu celého hydraulického systému. | 2 | 5 | 8 | 80 |
| | | 4.3 | Mechanická porucha elektrického čerpadla | Vytvorenie väčšieho tlaku a tým spôsobené poškodenie stroja. | 3 | 3 | 6 | 54 |
| | | 4.4 | Vzniknutie netesnosti elektrického čerpadla | Netesnosť čerpadiel spôsobuje únik oleja, ktorý spôsobí znečistenie životného prostredia, ako aj neefektívne procesné parametre. | 3 | 3 | 6 | 54 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---------------------------------|--|-----------|--|---|----------|----------|----------|------------|
| Hydraulické riadenie zariadenia | Chybná doprava hydraulického oleja v hydraulickom zariadení | 4.5 | Poškodenie tesnosti hydraulického zariadenia | Porucha hadicové vedenia a tesnosti hydraulického zariadenia môže viesť k závažným problémom zariadenia ako kolísanie hydraulických tlakov a chybnéj cirkulácii kvapaliny čo môže viesť k: - chybnému uzatváraniu formy - chybnému dávkovaniu granulátu spôsobené zlým otáčaním závitovky - nestabilnej dávky a vstreku taveniny - chybnému dotlaku na taveninu | 3 | 2 | 5 | 30 |
| | | 4.6 | Poškodenie hadicového vedenia | | 3 | 3 | 5 | 45 |
| | Chybný tlak hydraulického oleja pôsobiaci v hydraulickom systéme | 4.7 | Porucha tlakového zásobníku spôsobená mechanickým poškodením | Nefunkčnosť zásobníku dusíka, tým nezabezpečený požadovaný tlak hydraulického oleja v systéme. Prípadné znečistenie životného prostredia spôsobené únikom dusíka. | 3 | 4 | 7 | 84 |
| | | 4.8 | Poškodenie tesnosti tlakového zásobníka | Únik dusíku má vplyv na vyváženosť hydraulických hodnôt a poškodenie životného prostredia. | 3 | 5 | 7 | 105 |
| | | 4.9 | Nedodržaný požadovaný pretlak v tlakovom zásobníku | Chybný pretlak dusíku zásobníku spôsobí špatné vyrovnávanie tlakov a tým chybnú činnosť zariadenia. | 4 | 3 | 4 | 48 |
| | | 4.10 | Chybné nastavenie hydraulického tlaku | Kolísajúce hodnoty hydraulického tlaku spôsobí chybnú funkciu zariadenia a prípadné poškodenie. | 3 | 3 | 4 | 36 |
| | | 4.11 | Mechanické poškodenie elektrického motora | Poškodenie elektrického motora vedie k nestabilnému chodu zariadenia, ktorý môže spôsobiť odstavenie zariadenia. | 2 | 3 | 7 | 42 |

| Funkcia | Porucha funkcie | Č. | Spôsob poruchy (+ príčina poruchy) | Následok poruchy | P | O | N | RPN |
|---|---|-----------|--|---|----------|----------|----------|------------|
| Vytuhnutie taveniny v požadovanom tvare a rozmere | Poruchy vo forme | 5.1 | Poškodenie centrovacích kolíkov vplyvom nedostatočného namastenia a vyčistenia | Nedostatočná údržba môže viesť k poškodeniu centrovacích kolíkov prípadnému zadreniu formy. | 4 | 2 | 4 | 32 |
| | | 5.2 | Porucha koncového vypínača formy | V prípade nefunkčnosti koncových spínačov nastane nefunkčnosť stroja. | 3 | 2 | 5 | 30 |
| | Vytuhnutie taveniny v nevyhovujúcom stave | 5.3 | Znečistenie vyhrievacích kanálov | Znečistenie vyhrievacích kanálov spôsobuje chybný rozvod taveniny vo forme. | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 5.4 | Porucha kolobehu chladiacej vody vo forme | Nesprávny kolobeh chladiacej vody spôsobí chybné chladenie taveniny vo forme. | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 5.5 | Zanesenie odvzdušňovacích kanálov | Prílišné znečistenie odvzdušňovacích kanálov spôsobuje chybné vyplnenie formy taveninou a tým vznik chybného dielu. | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | Chybná vzhľadová kvalita výliskov | 5.6 | Povrchové chyby na kontúre nástroja | Povrchové chyby spôsobia chybnú kvalitu výlisku z dôvodu prestreku taveniny. | 3 | 2 | 4 | 24 |
| | | 5.7 | Nedostatočné opieskovanie a vyčistenie strany vyhadzovača | Neopieskovanie môže spôsobiť optickú chybu výlisku. | 4 | 2 | 4 | 32 |
| | Chybná doprava materiálu do formy | 5.8 | Poškodenie dýzy formy | - Zatečenie celého rozvodu materiálu do dutín formy - Chybné prepúšťanie taveniny formy do kavity | 3 | 3 | 4 | 36 |