

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

**Optimalizace
technologičnosti konstrukce**

**MAREK
FOGL**



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

Optimalizace technologičnosti konstrukce

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Marek Fogl

VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.

STUDIJNÍ PROGRAM: B 2343 Výroba a ekonomika ve strojírenství

STUDIJNÍ OBOR: 2303R014 Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

Praha 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fogl** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **491282**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace technologičnosti konstrukce

Název bakalářské práce anglicky:

Construction Technology Optimization

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše problematiky technologičnosti konstrukce.
2. Rešerše problematiky optimalizace výrobních procesů.
3. Analýza technologičnosti konstrukce vybraného výrobního představitele.
4. Návrh optimalizačních řešení.
5. Zhodnocení návrhu.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D. ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **03.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Kyncla, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Jiřímu Kynclovi, Ph.D. za odborné vedení a věcné připomínky na konzultacích. Dále děkuji kolegům z firmy Huddy Diamonds s.r.o., kteří mi ochotně zodpověděli veškeré dotazy a věnovali mi svůj čas.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá optimalizací technologičnosti konstrukce ve spolupráci s firmou Huddy Diamonds s.r.o. za účelem snížení celkových nákladů a pracnosti výroby. První část práce je věnována rešerši, týkající se dané problematiky. Druhá část je zaměřena na analýzu současného stavu montáže, vytvoření montážního postupu a následné optimalizaci vybraného výrobního představitele. V závěru jsou navrhnuta řešení zhodnocena.

Název bakalářské práce: Optimalizace technologičnosti konstrukce

Autor práce: Marek Fogl

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.

Konzultant: Martin Ondřich

Akademický rok: 2022/2023

Vysoká škola: ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ústav: 12133 – Ústav strojírenské technologie

Vedoucí ústavu: Ing. Libor Beránek, Ph.D.

Rozsah práce: 78 stránek, 5 tabulek, 35 obrázků

Klíčová slova: montážní postup, štíhlá výroba, technologičnost konstrukce, 5S, DFMA, Poka-Yoke

Annotation

The goal of this bachelor thesis is construction technology optimization in order to reduce the costs and labor of production in cooperation with company Huddy Diamonds s.r.o. The first part of the thesis is devoted to research to technology of the construction. The second part is focused on the analysis of current assembly process of the selected machine from the production profil. The next step is the creation assembly procedure and its subsequent optimization. In the end, the proposed solutions are evaluated.

Title of the final thesis:	Construction technology optimization
Author:	Marek Fogl
Supervisor:	Ing. Jiří Kyncl
Consultant:	Martin Ondřich
Academic year:	2022/2023
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department:	Ing. Libor Beránek, Ph.D.
Extent:	78 pages, 5 tables, 35 pictures
Keywords:	assembly process, lean production, construction technology, 5S, DFMA, Poka-Yoke

Obsah

1. Úvod	10
2. Technologičnost konstrukce	11
2.1. Výrobní systém, proces a postup	11
2.2. Montážní postup	12
2.3. Členění montáže	15
2.4. Druhy montáže	16
2.4.1. Dle stupně automatizace	17
2.4.2. Dle místa výkonu práce	17
2.4.3. Dle pohybu výrobku	18
2.5. Technologičnost konstrukce a TPV	21
3. Optimalizace výrobních procesů	25
3.1. Štíhlá výroba	25
3.1.1. Princip plánování pull	26
3.1.2. Princip zamezení plýtvání	27
3.1.3. Princip nepřetržitosti	29
3.1.4. Princip zaměření na podstatné aktivity	30
3.2. Nástroje pro optimalizaci výrobních procesů	31
3.2.1. Poka-Yoke	31
3.2.2. 3P	32
3.2.3. Metoda 5S	32
3.2.4. DFMA	36
3.3. Hodnocení technologičnosti konstrukce	37
3.4. P-Q diagram	40
4. Analýza technologičnosti konstrukce výrobního představitele	42
4.1. Představení firmy	42

4.2.	Analýza současného stavu montážního procesu.....	44
4.3.	Návrh montážního postupu	45
4.4.	Zhotovení montážního postupu.....	46
4.4.1.	Operace 4.4 - Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás.....	47
4.4.2.	Operace 4.5 - Montáž krytu nástroje – prachovka	48
4.4.3.	Operace 4.7 - Montáž krytu nástroje – kolečka.....	49
4.4.4.	Operace 8.8 - Montáž pojezdových koleček	50
5.	Návrh optimalizačních řešení	51
5.1.	Výběr operací k optimalizaci	52
5.2.	Optimalizovaný montážní postup	56
5.2.1.	Revize operace 4.4 - Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás.....	56
5.2.2.	Revize operace 4.5 - Montáž krytu nástroje – kartáč	56
5.2.3.	Revize operace 4.7 - Montáž krytu nástroje – kolečka	57
5.2.4.	Revize operace 8.8 - Montáž pojezdových koleček.....	58
6.	Zhodnocení návrhu	59
7.	Závěr.....	60
	Bibliografie	61
	Seznam tabulek	65
	Seznam rovnic	66
	Seznam obrázků	67
	Seznam příloh.....	69

1. Úvod

Tato práce se bude zabývat optimalizací technologičnosti konstrukce výrobních strojů ve spolupráci s firmou Huddy Diamonds s.r.o. Firma se věnuje výrobě malé stavební mechanizace pod vlastní značkou Diakat. Příslušenstvím pro stroje jsou diamantové nástroje taktéž vlastní výroby. Podmětem optimalizace je snaha o redukci nákladů spojených s montáží. Jejich eliminací se nabízený sortiment stane konkurenceschopnější a výrobní proces efektivnější. S rostoucí poptávkou po produktech a vizí expanze společnosti jsou kladeny nároky na zajištění snazší duplikace tak, aby mohlo probíhat zaškolení nových pracovníků v kratším čase. V neposlední řadě je snahou zkrátit celkový čas potřebný na realizaci zakázky.

Cílem práce je optimalizovat technologičnost konstrukce za účelem snížení výrobních nákladů a pracnosti, a eliminovat výrobu vadných dílů.

V druhé kapitole budou objasněny základní pojmy potřebné pro pochopení dané problematiky. Těmi jsou výrobní systém, proces a postup. Dále budou popsány různé druhy montáže a podrobně definován pojem technologičnost konstrukce.

Ve třetí kapitole bude přiblížena problematika štíhlé výroby a vybrány konkrétní metody a nástroje, jakými lze přistoupit k optimalizaci výrobního procesu. Zároveň bude také uvedena možnost hodnocení optimalizace pomocí vícekritériálního rozhodování.

Úvod čtvrté kapitoly bude věnován stručné charakteristice podniku Huddy Diamonds s.r.o. Následovat bude podrobnější analýza zvoleného zástupce dle interních podkladů. Dále bude zpracován montážní postup současného stavu a popsány kritické body.

Pátá kapitola bude obsahovat optimalizační řešení za účelem snížení pracnosti a výrobních nákladů. Zkonzultované změny budou následně implementovány do praxe a podle nich zrevidován vypracovaný montážní postup.

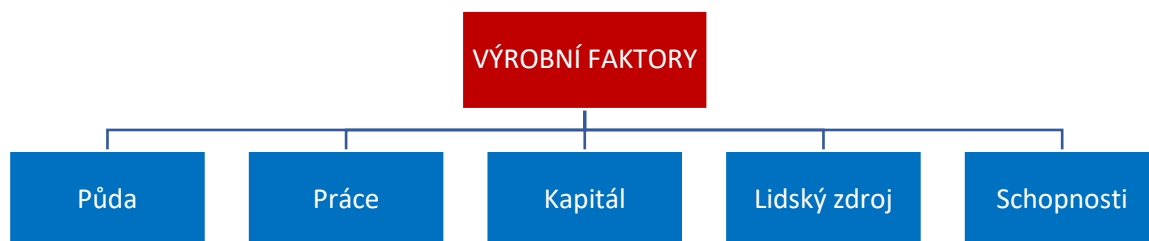
V poslední kapitole budou navržené změny zhodnoceny dle stanovených kritérií a bude posouzeno, zda bylo dosaženo vytyčeného cíle.

2. Technologičnost konstrukce

Pochopení propojení vazeb ve výrobním systému je pro tuto práci zásadní. Proto nejdříve vysvětlím základní pojmy vztahující se k danému tématu. Bude popsán celkový výrobní systém a jeho substance, důležitost montážního postupu a jakými způsoby lze přistupovat k jeho tvorbě. Následně bude objasněn termín technologičnost konstrukce a technické přípravy výroby.

2.1. Výrobní systém, proces a postup

Výrobní systém je definován jako soubor prostředků, pomocí kterých jsou přeměňovány vstupy na výstupy. Obsluhou výrobních zařízení a efektivním řízením na základě technologických a pracovních postupů dochází k přeměně výrobních faktorů za účelem naplnění vize firmy. [1]



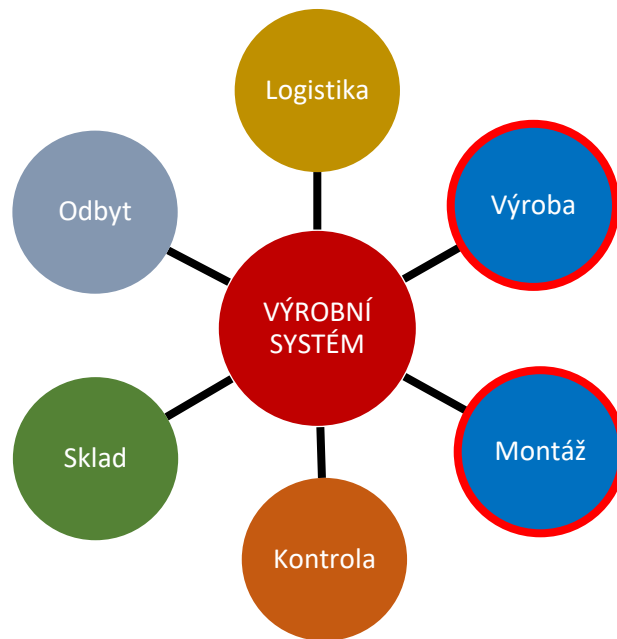
Obrázek 1: Výrobní faktory [2]

Výrobními faktory jsou myšleny půda, práce kapitál, lidský zdroj a podnikatelské schopnosti a dovednosti. Půda je velmi cenný statek, jelikož její množství je omezené. Nejedná se tedy o volný statek. Prací dochází k přeměně přírodních zdrojů v užitečné statky za využití ať už vlastního (peněz, strojů, budov, ...) nebo nevlastního kapitálu (úvěry, ...). K tomu jsou potřeba jisté znalosti a praktické dovednosti zaměstnanců, označovaných jako lidský zdroj a podnikatelských schopností majitele firmy, který na sebe váže riziko podnikání. [2]

Cílem každého podnikatelského subjektu je pomocí těchto vstupů naplnit vizi a být přidanou hodnotou pro zákazníky. Pojmeme výrobní systém tedy rozumíme souhrn dílčích procesů viz obrázek 2. Lze je rozdělit do 5 základních skupin (transformace, kontrola, doprava, skladování, odbyt).

Jediným procesem, kterým lze navýšit hodnotu produktu je transformace vstupů na výstupy. Tu můžeme ještě rozdělit na výrobní a montážní část. [2]

Bakalářská práce úzce souvisí s výrobní činností, proto podrobněji popíšu další pojmy v návaznosti na výrobní proces. Konkrétně se zaměřím na oblast montáže.



Obrázek 2: Výrobní systém [3]

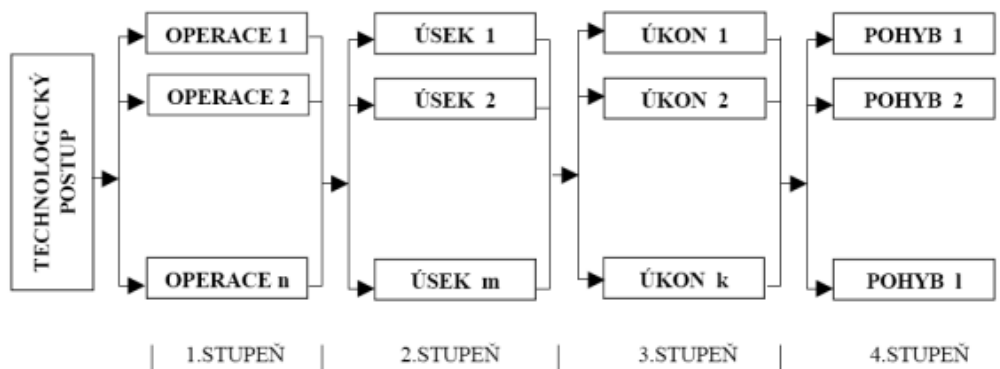
Výrobní postup je souhrn technologického a pracovního postupu. V principu se jedná o sousledné pořadí na sebe navazujících činností, které se vzájemně ovlivňují. Na základě pracoviště tak rozeznáváme buď výrobní postup nebo postup montážní. [4]

2.2. Montážní postup

Montážní postup je přímo navázán na výrobní postup v rámci hierarchie výrobního systému. Lze ho chápat jako spojování jednotlivých dílů do podsestav a sestav, ze kterých vznikne hotový produkt (stroj). Montáž také zahrnuje manipulaci s výrobkem a používaným nářadím. Během tohoto procesu dochází k důkladnému očištění stroje před výstupní kontrolou. Tato etapa před expedicí výrobků významně ovlivňuje celkovou cenu produktu. Nevhodným způsobem montáže lze celý výrobek znehodnotit. Je-li naopak

montáž prováděna odborně, lze odstranit řadu výrobních nepřesností a docílit tak vytyčeného cíle. Vhodnými změnami v návrhu samotné konstrukce nebo volbou jednoduššího způsobu spojení s použitím normalizovaných částí můžeme ušetřit podstatnou část výrobních nákladů. [5] [6]

Montážní postup se skládá z **technologického postupu** a **pracovního postupu**. Zatímco pracovní postup obsahuje pouze výčet jednoduchých úkonů pracovníka, technologický postup montáže stanovuje posloupnost operací montáže s technologickými parametry. Příkladem pracovního postupu může být utahování šroubů, manipulace s materiálem, polohování součásti atd. Technologický postup obsahuje sled činností, výrobní zařízení, nástroje, ale i přípravky. Technologický postup může obsahovat až 4 substance viz obrázek 3. [6] [4]



Obrázek 3: Členění technologického postupu [4]

Montážní operace je základní strukturální jednotkou montážního procesu. Rozumí se jí ukončená část montáže, realizovaná na jednom pracovišti bez nutnosti přestavby montážního zařízení. Příkladem montážní operace může být osazení motoru na rám stroje apod. Nákladnost montážních operací je ovlivněna několika faktory:

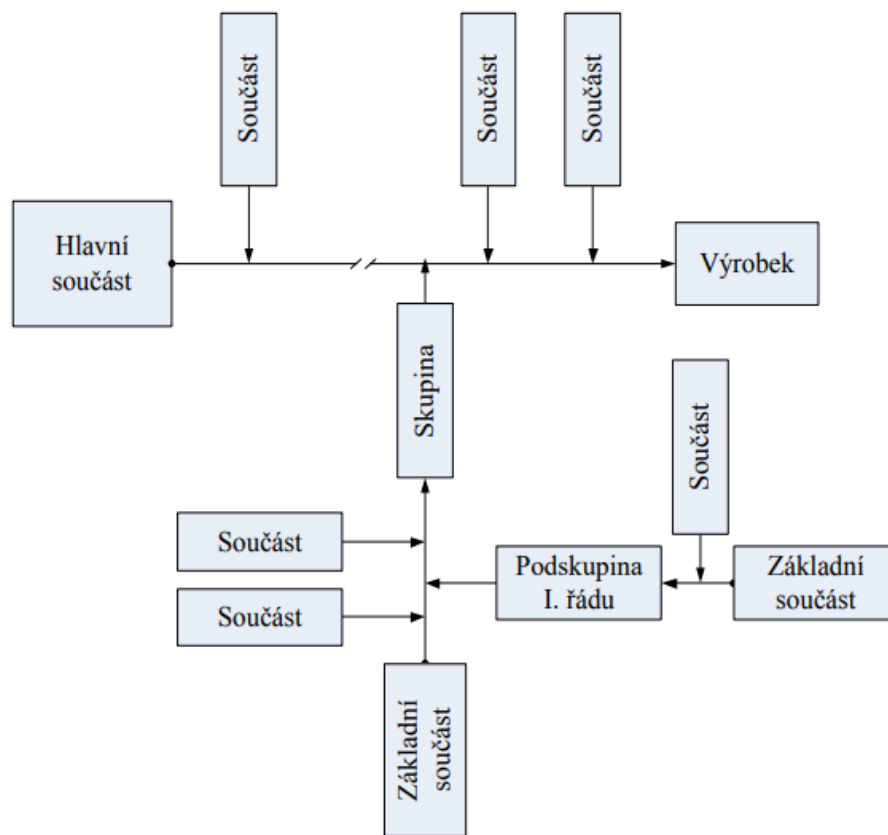
- 1) Pracovními podmínkami – teplota, hluk, prašnost, velikost a vhodnost prostor
- 2) Kvalitou pracovní síly – zručnost, zkušenost, organizovanost
- 3) Konstrukčním řešením – složitost jednotlivých dílů a funkcí sestav, zaměnitelnost dílů, možnost mechanizace či automatizace
- 4) Technologiemi a organizací – organizovanost a celkový průběh montáže, použití montážních strategií a nástrojů [4]

Montážní úsek, podřazený pojem montážní operace, je vykonávaná část operace na jednom spoji za stejných technologických podmínek či jedním nástrojem. Ta se dále dělí na **montážní úkony** (ucelené jednoduché pracovní činnosti např. napnutí řemenů) a **montážní pohyb**. (např. vzít klíč a utáhnout šroub). Podrobný technologický postup zahrnující jednotlivé pohyby je uváděn zvláště v hromadné výrobě. Výhodou je jeho naprostá exaktnost. [6]

Popis pohybů je pro aplikaci v kusové výrobě nebo montáži předimenzovaný. Na zaměstnance, který pracuje s málo kusy jednoho výrobku, ale s několika různými typy, jsou kladeny vyšší nároky na vzdělání a samostatnost než v hromadné výrobě. Práce na menších počtech rozmanitějších výrobků vyžaduje odlišný přístup k tvorbě technologického postupu než v hromadné výrobě. Operace mohou být demonstrovány až po jednotlivé úkony, ale ty už si operátor organizuje na pracovišti sám.

2.3. Členění montáže

Finální výrobek se montuje takzvaně po prvcích. Těmito prvky jsou skupiny a podskupiny sestávané z jednotlivých součástí. Montáží jednotlivých skupin nezávisle na sobě lze docílit snížení nákladů na skladování součástek a celkového urychlení výrobního cyklu. Pokud je umožněna práce na sofistikovanějších skupinách dříve, než je zadaná montáž celého výrobku, dojde k rovnoměrnému zatížení pracovních sil. V důsledku toho je práce celkově nejen levnější, ale i příjemnější pro zaměstnance. [7]

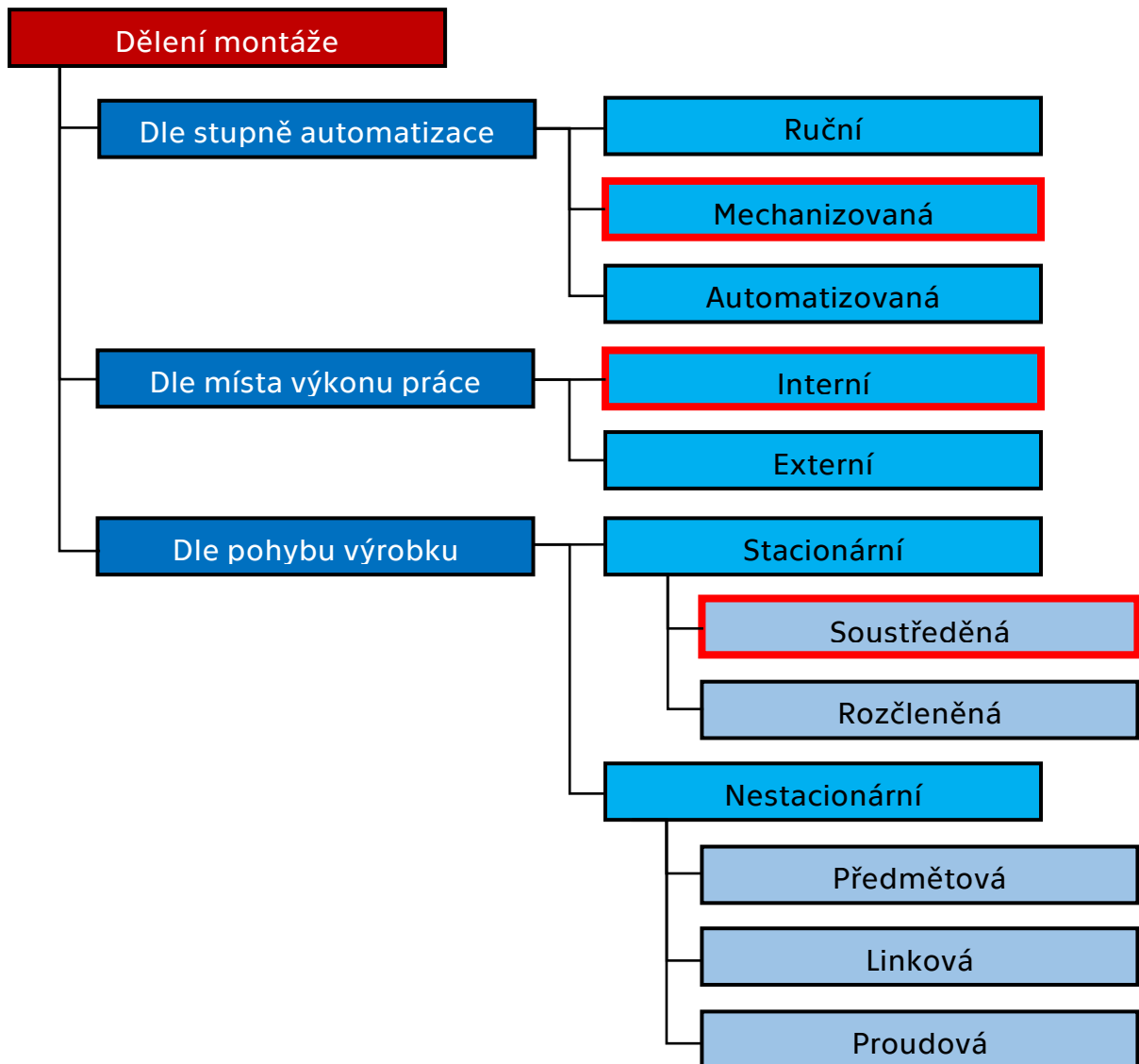


Obrázek 4: Rozvětvené technologické schéma montáže [7]

Na obrázku 4 můžeme vidět, že montáž strojní skupiny nemusí být závislá na ostatních součástech, které jsou montovány přímo na hlavní součást výrobku. Touto problematikou se blíže zabývá oddělení plánování a technologické přípravy výroby, kde za užití dalších vzorců jsou například schopni určit kritickou cestu a dobu výroby. Činí tak v návaznosti na metody štíhlé výroby, které rozvedu v další kapitole.

2.4. Druhy montáže

Montáž můžeme dělit podle několika hledisek. Jeden pohled je z hlediska stupně automatizace a mechanizace, další dle místa výkonu práce nebo podle pohybu výrobku. [8]



Obrázek 5: Dělení montáže [8]

V druhé polovině práce bude provedena analýza na pracovišti soustředěné interní montáže, kde je montážní proces uskutečňován za pomoci jednoduchých nástrojů a přípravků. Pro důkaz správně zvoleného druhu montáže v dalších podkapitolách popíšu všechny zmíněné druhy. Vysvětlím jejich kritéria využitelnosti v praxi.

2.4.1. Dle stupně automatizace

Ruční montáž se vyznačuje schopností rychlé adaptace na změnu výroby a velmi nízkými náklady na pracoviště. Je však prováděna pouze lidskou silou, proto je vhodná pouze pro zakázkovou či malosériovou výrobu.

Mezistupněm v automatizaci montáže je **mechanizovaná montáž**, při níž se využívá strojů pro usnadnění práce. Jedná se například o dílenské jeřáby pro zvedání těžších výrobků nebo přípravků.

Automatizovaná montáž je vhodná pro větší série, kde se naplno eliminuje chyba lidského faktoru. Tím je zaručena stejná kvalita spojení na každém kusu a také se docílí zvýšené produktivity. [8]

2.4.2. Dle místa výkonu práce

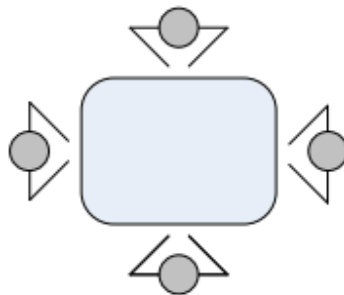
Interní montáž je prováděna v rámci podniku. Zákazník dostává produkt již ve smontovaném stavu a je připraven ho využívat. Pro přepravu se volí různé velikosti přepravních boxů nebo palet. Doručení probíhá spedičními společnostmi, případně se může jednat o osobní odběr.

Externí montáž probíhá u zákazníka. Sestava je nejprve zkušebně smontovaná u dodavatele, poté dojde k rozložení výrobku a exportu. V případě jednoduchých součástí může zákazník provádět montáž sám za pomoci montážního schématu. Složitější sestavy, kde je potřeba vyšší odbornosti, jsou montovány zaškolenými pracovníky. Tato služba bývá zpravidla spojována s proškolením zákazníků. Typickým příkladem pro externí montáž z oblasti strojírenství mohou být výrobní stroje (CNC soustruh, CNC frézka), které se skládají z několika dílů. Pro jejich ustavení na místo a prvotní nastavení je potřeba znalostí odborného technika. [9]

2.4.3. Dle pohybu výrobku

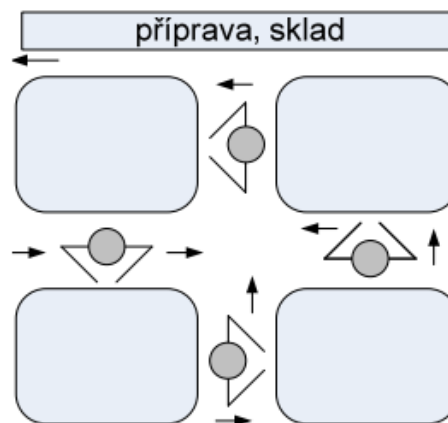
Stacionární (tj. nepohyblivá) montáž bývá prováděna pracovníkem nebo více pracovníky na nehybné montážní sestavě.

Při soustředěné montáži jsou veškeré operace prováděné na jednom pracovišti standardně za užití běžného náradí. Výhodou je vysoká míra flexibility. Využití nalezne v podnicích, které mají široké produktové portfolio a objemy zakázek jsou řádově v jednotkách kusů. Hlavní nevýhodou je nepravidelný průběh práce, dlouhá doba přípravy pracoviště a jen velmi přibližně stanovené časové normy. Jsou kladeny také vyšší požadavky na kvalifikaci dělníků než například u linkové montáže. [5] [6]



Obrázek 6: Soustředěná montáž [6]

Rozčleněná stacionární montáž je prováděna na více pracovištích současně. Jednotlivé operace jsou prováděny na specializovaných pracovištích. Tento systém montáže vyžaduje lepší logistiku pohybů obsluhy tak, aby na sebe operace plynule navazovaly. Zahrnuta musí být časová rezerva, ve které se promítnou časové ztráty a čas manipulace.

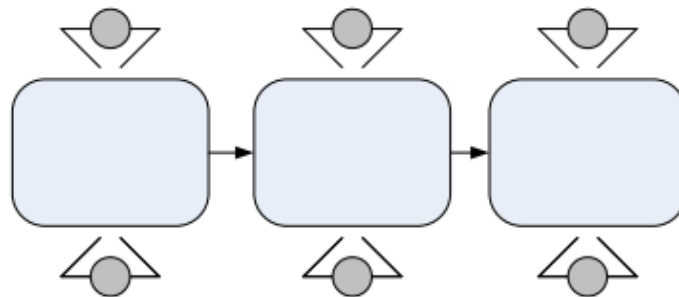


Obrázek 7: Rozčleněná montáž [6]

Mezi výhody je zařazena zvýšená produktivita díky užší specializaci dílčích úseků. Na tento typ montáže je potřeba více pracovních sil a mezi další nevýhody se řadí větší požadavky na pracovní prostor. V blízkosti místa montáže se často nachází mezisklad (bedna, paleta, ...), do kterého jsou ukládány zhotovené sestavy a podsestavy. Vedením podniku je vhodné obsadit pozici manažera montáže, který koordinuje proces tak, aby se zamezilo zbytečným prodlevám. [5]

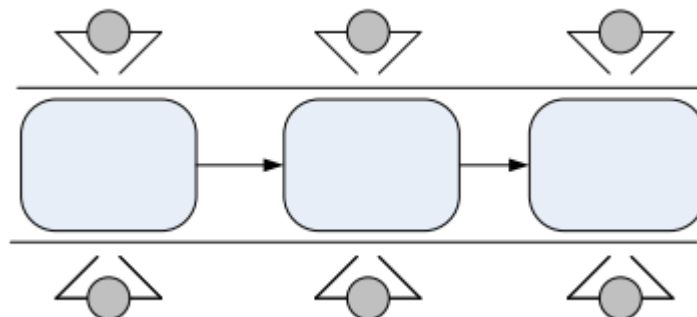
Nestacionární montáž (tj. pohyblivá) se vyznačuje sledem montážních operací prováděných na různých pracovištích. Tok výrobků je zajišťován pomocí vysokozdvihných vozíků nebo jeřábů s paletami. Jednou z dalších možností je užití dopravníků pro kontinuální pohyb mezi stanovišti.

U předmětné montáže je výrobek přemísťován mezi několika pracovníky, kde každý z nich má za úkol určitou činnost, jež opakuje na každém kusu. Tímto typem proudí několik druhů výrobků, proto je každé pracoviště vybaveno univerzálním nářadím. [6]



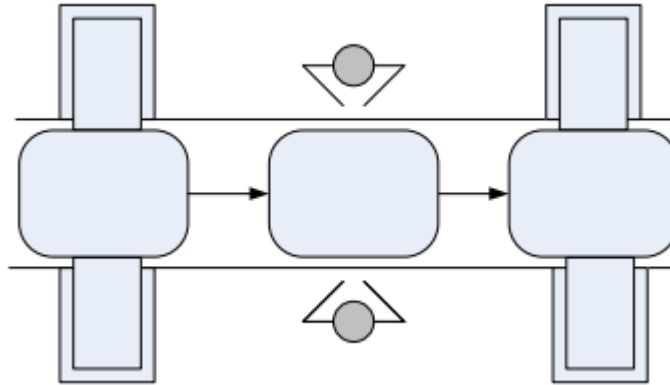
Obrázek 8: Předmětná montáž [6]

Linková montáž se vyznačuje pohybem montážního celku, na kterém je vykonáváno více operací. Tento typ montáže je typický pro velkosériovou výrobu. Vybavení montážních stanovišť je specializované na dané úkony. [6]



Obrázek 9: Linková montáž [6]

Proudová montáž je nejsostikovanějším typem nestacionární montáže. Stěžejním parametrem pro hladký průběh montáže je správné určení časové náročnosti. [6]



Obrázek 10: Proudová montáž [6]

Správným načasováním práce dílčích činností se celý proces stává plynulým. Vysoká produktivita je zajištěna jednoduchou mechanickou prací za užití jednoúčelového nářadí a přípravků. Za průkopníka proudové montáže potažmo celé výroby je považován Henry Ford, který tento princip uvedl v praxi v automobilovém průmyslu. Tyto techniky a postupy se přenášely i do ostatních odvětví. V ČR se mezi nejvýznamnější podniky, které zavedly dle tohoto vzoru proudovou výrobu řadí Baťovy závody ve Zlíně. [6]

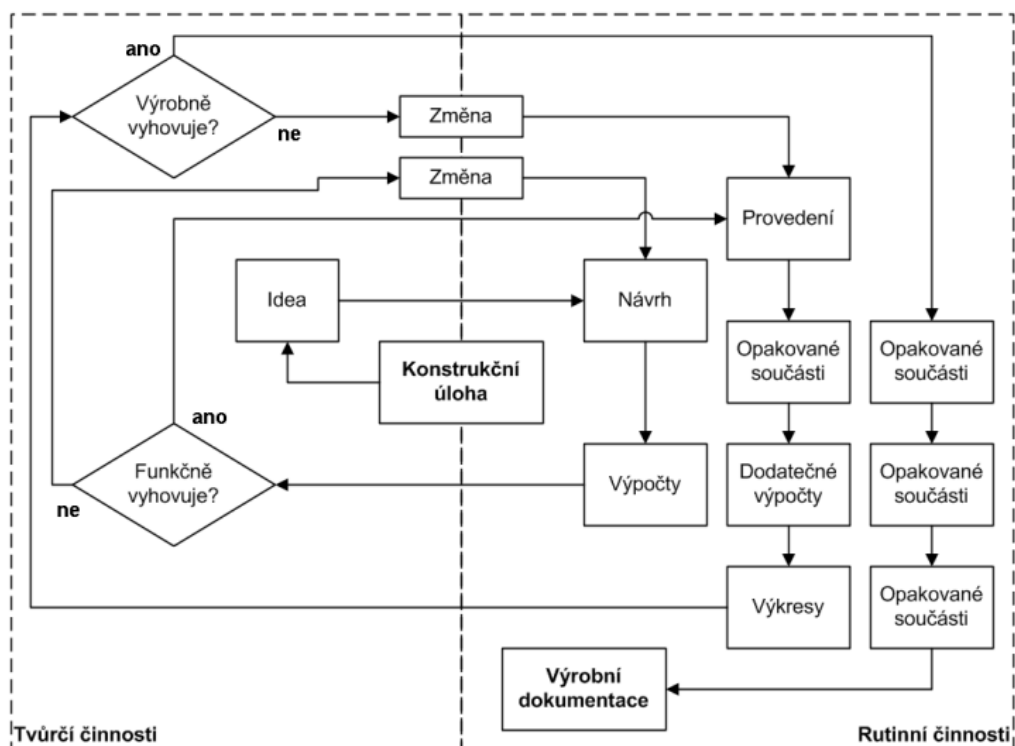
V této kapitole věnované druhům montáže jsem ověřil správnost tvrzení, že podnik, se kterým spolupracuji, disponuje interním, stacionárním, soustředěným montážním pracovištěm. Dále v textu se zaměřím na téma technologičnosti konstrukce a technické přípravy výroby. Posouzení technologičnosti totiž závisí na dvou pilířích technické přípravy výroby, tj. pohledu konstruktéra a technologa na daný koncept.

2.5. Technologičnost konstrukce a TPV

Vliv technologičnosti konstrukce se výrazně propisuje do celkových nákladů na stroj. Z toho důvodu je potřeba zajistit vhodně využitý zastavěný prostor stroje z mnoha úhlů pohledu. Předmětem zkoumání není pouze poloha těla zaměstnanců při sestavování produktu, ale technologičnost má také vliv na ergonomii při obsluze.

Technologická konstrukce splňuje veškeré požadavky na její funkci a použití s ohledem na požadavky výroby. Hlavními zásadami technologičnosti jsou zajištění funkčnosti mechanismů stroje, minimalizace nákladů spojených s přípravou a procesem výroby, využití standardizovaných a normalizovaných dílů a polotovarů. Míru technologičnosti také ovlivňuje užití vhodných tvarů konstrukce tak, aby byla součást vyrobitelná danou technologií. S tím jsou spojeny nároky na kvalitu povrchu a jakost materiálu. V neposlední řadě je potřeba zajistit snadnou montáž i demontáž (servis). [4] [10]

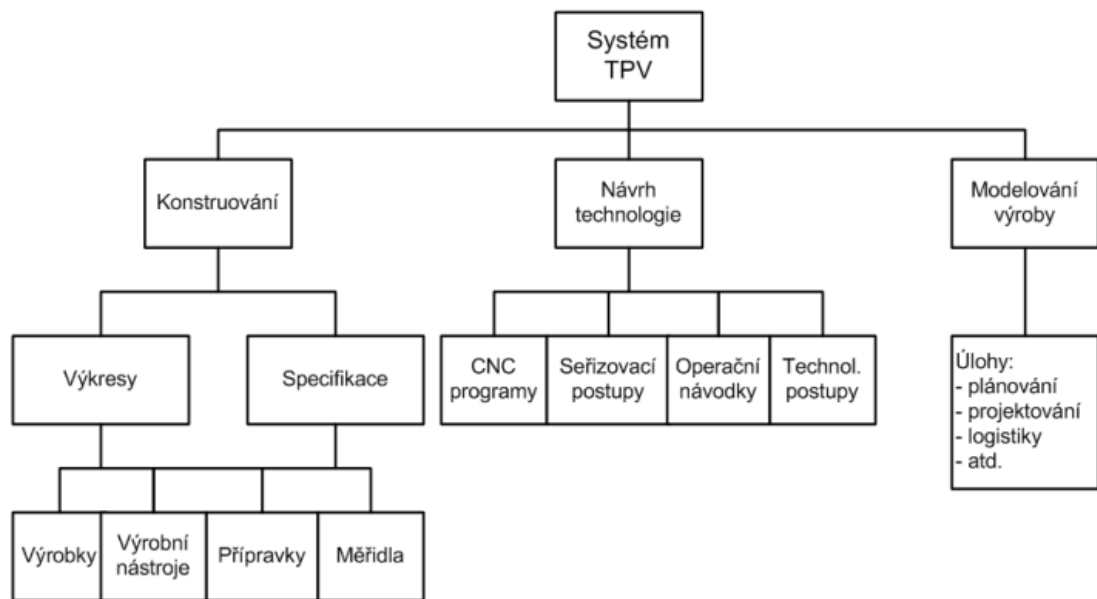
Spolupráce konstruktéra s technologem je v podniku klíčová pro celkový úspěch projektu. Vždy je nutné brát zřetel na velikost vyráběné série. Určité technologické procesy vyhovují hromadné výrobě a jiné naopak kusové. V zájmu uspokojení potřeb zákazníka by však měla být funkčnost a spolehlivost výrobku upřednostňována před technologičností. Všechny prvky by měly být voleny dle podmínek při reálném použití stroje. Konstrukční vady podléhají dlouhodobé analýze a lze je v průběhu výroby opravit. Principiálním vadám by se mělo zamezit již během prvotního vývoje. Nevhodné produkty jsou odsouzeny k neúspěchu a veškerá následná práce není nikdy účelná. [4] [10]



Obrázek 11: Diagram postupu řešení konstrukční úlohy [11]

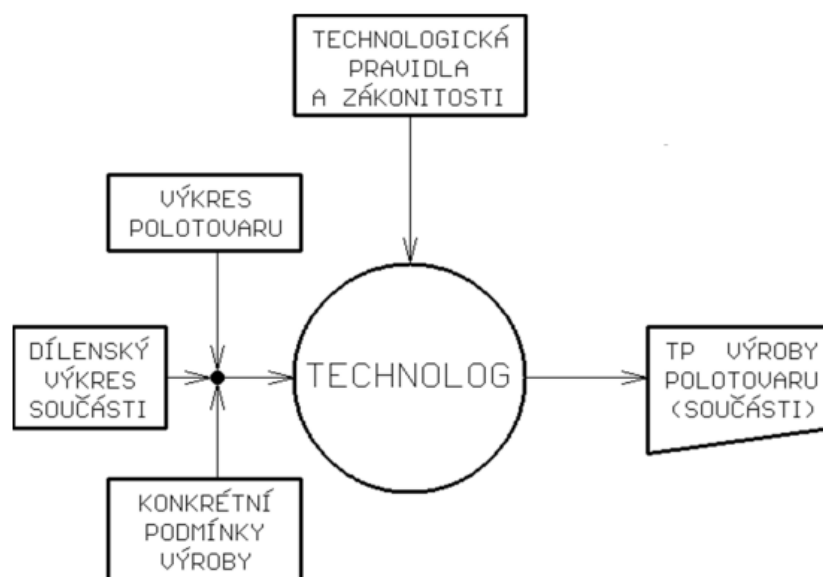
Na obrázku 11 je znázorněn diagram řešení konstrukční úlohy. Nejprve je úloha zpracována konstruktérem, který zpravidla vypracuje více variant řešení. Tato fáze se nazývá koncepční etapou. Poté návrhy zhodnotí a rozhodne, který z nich odpovídá funkčním požadavkům. Následuje zhotovení výkresové dokumentace s technologickými parametry výroby (montáže). Práce konstruktéra a technologa je propojena právě u rozhodování, zda návrh odpovídá také výrobním kritériím. Tímto je definována druhá část procesu konstruování, tedy pracovní etapa. [11]

Konstrukční úloha je realizována v rámci systému technické přípravy výroby (TPV) viz obrázek 12, kde jsou vyobrazeny konkrétní parametry pro dané etapy. [11]



Obrázek 12: Systém technické přípravy výroby (TPV) [11]

Technologická příprava výroby, jakožto subsystém TPV, je náročná zejména na objem dat. Technolog z dílenského výkresu a dalších konstrukčních podmínek stanovuje parametry pro výrobu. Činí tak na základě znalostí technologických pravidel výroby a zkušeností z praxe. Často je nucen vykomunikovat dodatečnou úpravu výkresu s konstruktérem. [11]



Obrázek 13: Subsystém TPV – návrh technologie [11]

Hodnocení technologičnosti konstrukce je možné pojmut individuálně. Sledovaných parametrů bývá zpravidla několik. Pro posouzení se proto hojně využívá vícekriteriálního rozhodování. Hodnocena může být například spotřeba materiálu, pracnost výroby atp. Podrobněji budou metody hodnocení popsány v kapitole 3.3.

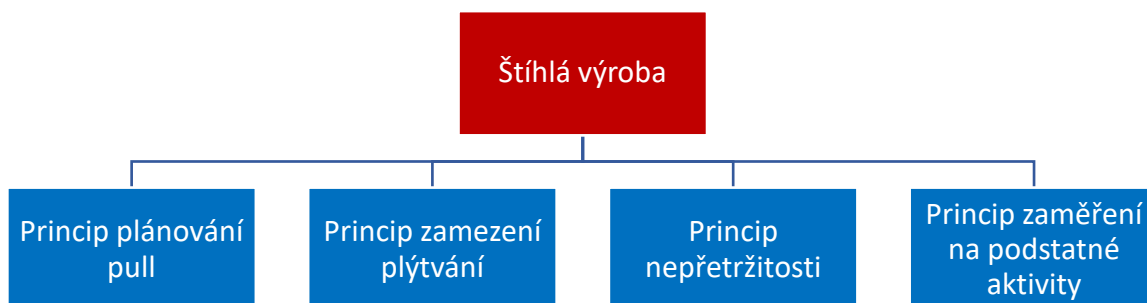
V této kapitole byl vysvětlen pojem výrobní systém a jeho procesy s důrazem na výrobu a montáž. Tvorba montážního postupu a hodnocení technologičnosti konstrukce jsou ovlivněny řadou faktorů, mezi které lze řadit i druh montáže. Proto byly popsány druhy montáže dle různých kritérií. Dále byla také definována technologičnost konstrukce a systém technické přípravy výroby (TPV).

3. Optimalizace výrobních procesů

Před samotnou analýzou je potřeba nejprve definovat cíle, ke kterým se optimalizací chceme dostat. V úvodu třetí kapitoly bude definován trend štíhlé výroby a vysvětleny konkrétní principy, na které se zaměřuje. Poté budou popsány vybrané nástroje k optimalizaci s vazbou na dosažení vytyčeného cíle bakalářské práce. V závěru budou uvedeny metody hodnocení optimalizace.

3.1. Štíhlá výroba

Koncept štíhlé výroby (lean production) vznikl v Japonsku začátkem druhé poloviny 20. století. Tyto zásady se ve firmě Toyota osvědčily, a díky tomu jsou hojně implementovány v různých odvětvích. Princip je založen na zefektivnění již zaběhlé výroby. Vyžaduje pouze minimální investice, proto je aplikace dílčích kroků dosažitelná i pro menší podniky. Nejedná se o technicky převratné inovace, ale spíše o proměnu filozofie podniku a změnu přístupu k práci celého týmu. Cílem je zoptimalizovat podmínky tak, aby byly závazky vůči zákazníkům plněny ve smluvených termínech při vynaložení nižších nákladů. V důsledku zavedení změn dojde k navýšení zisku. Výsledky aplikace konceptu štíhlé výroby se projeví zejména v dobách vysoké inflace, kdy nelze skokově měnit cenu produktů z důvodu zachování konkurenceschopnosti. Prozákaznickým přístupem a jednáním s respektem lze docílit lepších obchodních podmínek a upevnění pozice v rámci trhu. [12]



Obrázek 14: Principy štíhlé výroby [13]

Čtyři principy štíhlé výroby viz obrázky výše jsou podstatnými aktivitami, jimiž se podniky v dnešní době velmi často zaobírají. Jejich řádnou aplikací do praxe lze ušetřit značný podíl výrobních nákladů. Zdokonalování procesů v duchu těchto kroků je jedním z prvních kroků k zavedení stabilního a dlouhotrvajícího podnikání. V dalším textu přiblížím zmíněné principy.

3.1.1. Princip plánování pull

První aktivitou v procesu výroby je správné naplánování činností. Princip plánování pull se zakládá na systému „dones“. Operace tedy musí být vyvolána od vyššího výrobního stupně. Prvotní požadavek je předložen zákazníkem. Tato zpráva se přenesení přes všechny výrobní stupně směrem dolů. Vznikne tak interní zakázka pro předchozí výrobní stupně. S výrobou se začne teprve v momentě, kdy je zpráva evidována u posledního článku řetězce. Zodpovědnost za zajištění požadavků pro následující pracoviště (oddělení) přebírá pracovník nižšího výrobního stupně. Oproti způsobu plánování typu push není potřeba předpovídat odbyty. Tyto predikce mohou být velmi komplikované zejména v dobách krize, kdy se zákazník rozhoduje impulzivně v závislosti na momentální potřebě. Z ekonomického hlediska je výhodnější domluvit delší čas dodání produktu, než aby se vyrábělo nad rámec poptávky a tím se vázal kapitál ve skladových položkách. [13]

3.1.2. Princip zamezení plýtvání

Dalším faktorem ovlivňujícím efektivitu výrobního systému je vhodné využívání výrobních prostředků (materiál, pracovní síla, čas, ...). O míře plýtvání těmito statky se rozhoduje dle toho, zda produkují přidanou hodnotu pro výrobek, za který je zákazník ochoten zaplatit.



Obrázek 15: Princip zamezení plýtvání [14]

Tvorba **zmetků** se dělí na dvě skupiny, opravitelné a neopravitelné. Zatímco vady, které lze opravit, vyžadují čas, finance a práci navíc, neopravitelné zmetky se rovnou odepisují do ztrát. V případě odhalení defektu je třeba neodkladně sjednat nápravu a situaci řešit včasným zásahem do výroby. Doba odhalení vadných dílů je přímo úměrná finančnímu zatížení rozpočtu. Především plýtvání tímto způsobem lze využitím metody Poka-Yoke, která omezí vznik chyb způsobené člověkem. Pokud jsou díly příliš podobné, může dojít k jejich záměně a následným opracováním ke znehodnocení polotovaru. Těmto problémům by se mělo předcházet proaktivním přístupem od konstruktérů. Na dostatečnou kvalitu komunikace mezi nimi a technologickým oddělením, případně s pracovníky ve výrobě, se zaměřuje metoda 3P. [15]

Nadprodukce nabývá opodstatnění v případě, kdy jsou vyráběny složité díly s dlouhou dobou přetypování výrobního procesu. Výroba nad rámec poptávky přeplňuje sklady. Hotové produkty zatěžují skladové prostory

a produkují další náklady s tím spojené např, náklady na administrativu, zaměstnance apod. [13] [14]

Zákazník také není ochoten platit za dobu prostožů (**čekání**), kdy není k dispozici materiál, pracovní síla nebo vybavení. Příčinou může být nedostatečně vybavené pracoviště, nesprávně nastavené výrobní časy, nevhodně nastavené priority v podniku, zmatečná a nepřesná komunikace atd. Mezi metody odstraňující právě tyto negativní vlivy jsou řazeny plánovací tabule, metoda TPM (preventivní údržba) nebo One-piece flow (tok jednoho výrobku). [13] [14]

Tvorbou **nadměrných zásob** se váže kapitál podniku s materiálem na skladě, který neprodukuje žádný zisk. Stav skladového množství materiálu by měl být optimalizován v návaznosti na potřebné množství k výrobě. Transparentnost eliminuje zbytečné objednávky a evidence přesného počtu materiálu na skladě dokáže výrazně snížit náklady. Jako protipatření proti tomuto jevu lze použít metodu Kanban. [13] [14]

Víceprací se rozumí zbytečné úsilí pracovníků, které nepřináší žádnou hodnotu. Typicky se jedná o úkony, které je potřeba v následujících operacích opakovat. Protipatření eliminující tento zdroj plýtvání je například po důkladné analýze procesu stanovení nového technologického (pracovního) postupu. V procesu optimalizace je důležitým prvkem snaha o zavedení digitalizace výrobního systému. Odstraní se tím zbytečné obstarávání tištěné dokumentace a veškerá administrativní činnost může být řízena z jednoho pracoviště. [13] [14]

Pojem **plýtvání lidským potenciálem** představuje nevyužití dovedností pracovníků nebo nedodržování stanovených pravidel. Kvalifikace každého pracovníka musí být úměrná jeho pozici. Správným obsazením personálu ve výrobním systému lze zvýšit hodnotu produktu a zkrátit dobu realizace. Správnou motivací pracovníků se docílí zvýšeného zájmu o zlepšení pracovních podmínek a zlepšení výrobního procesu. Zaměstnavatel by měl umožnit proškolení zaměstnanců na vícero pracovních pozicích tak, aby v případě potřeby byly vykryty nenadálé situace. [13] [14]

Množství energie a čas nutný pro **přepravu** materiálu v rámci firmy by měl být minimalizován. Během manipulace výrobek nemění svůj tvar, nejedná se tedy o produktivní část výrobního procesu. Je výhodné, aby logistika mezi společnostmi, kooperujícími na daném produktu, byla zajišťována v přesných termínech a na co nejkratší vzdálenost. Ta je totiž přímo úměrná s náklady na pohonné hmoty a čas pracovníka, který manipulaci zprostředkovává. [13] [14]

Posledním typem plýtvání jsou uváděny **zbytečné pohyby**. Vhodná organizovanost pracoviště má vliv na výrobní čas. V případě, kdy je přesně definována poloha každého kusu náradí nebo dílu, zamezí se prodlevám při jeho hledání. Dalším faktorem ovlivňujícím produktivitu práce z hlediska manuálních pohybů je správné navržení konstrukce a dodržení technologických postupů ve výrobě. Správným seřazením a dodržením sledu operací je možné eliminovat zbytečné pohyby na minimum. [13] [14]

Sledování a vyhodnocování interních procesů je velmi klíčovou dovedností managementu podniku. Včasným zásahem lze zamezit nákladům, které by z dlouhodobého hlediska mohly být i likvidační. V následující podkapitole uvádím důvody, proč je důležité se analýze a optimalizaci dějů věnovat soustavně.

3.1.3. Princip nepřetržitosti

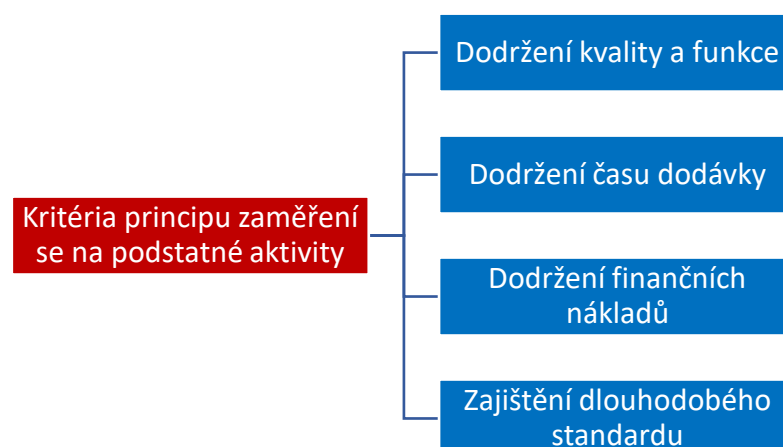
Podle pravidel „leanu“ není optimalizace procesů pouze jednorázovou akcí, ani rozplánované etapy s danými termíny akce a vyhodnocení. Zlepšování je kontinuální proces, který by neměl nikdy končit. Princip nepřetržitosti nám říká, že neexistuje definitivně zoptimalizovaná činnost, nýbrž pouze dočasný stav, který je potřeba dále zlepšovat. Ukončení nebo odložení procesu zefektivňování neovlivňuje jen technické veličiny (náklady, pracnost, ...), ale výsledný úspěch jako takový. Práce na nadstandartních službách pro zákazníka zajišťují podniku náskok před konkurencí. Otevřená komunikace se stranou kupujících může poskytnout cenné podklady pro nové návrhy. [16]

Těmto aktivitám se všichni přirozeně věnují v dobách růstu a plánovaného rozvoje. Může se jednat o situace, kdy se očekává nový start ekonomiky po krizovém období nebo zavedení nového produktu na trh. Při vysoké poptávce po produktu nebo službě může vedení podniku nabýt dojmu, že není potřeba investovat do dalšího rozvoje. Na volném trhu může kdokoliv přijít a nabídnout lepší službu za výhodnější cenu. Při snížení prodejů již nejsou k dispozici potřebné zdroje na investice do inovací. Navíc v případě stagnace poptávky už bývá většinou pozdě na optimalizaci výrobního systému, jelikož změny se nestihnou propsat v tak krátkém časovém intervalu. Proto je princip nepřetržitosti velmi doporučován k udržení podniku na trhu a majitelé tak vedou svůj tým k neustálé práci.

3.1.4. Princip zaměření na podstatné aktivity

Posledním principem lean managementu je zaměřit se pouze na klíčové schopnosti firmy. V případě, že podnik nedisponuje potřebnými výrobními zdroji (pracovní síla, know-how, výrobní stroje, ...), je výhodnější zajistit dílčí výkony formou kontraktu se subdodavateli. Rozhodnutí o tom, který proces bude zajišťován z vlastních zdrojů, a který bude realizován v rámci kooperace, podléhá zhodnocení a revizi všech aktivit hodnototvorného řetězce. Ten zahrnuje celou síť od dodavatelů, přes odbyty až po likvidaci odpadů.

Na dalším obrázku jsou zobrazeny hlavní kritéria pro vyhodnocení, zda daná aktivita je či není podstatná.



Obrázek 16: Zaměření na podstatné aktivity [16]

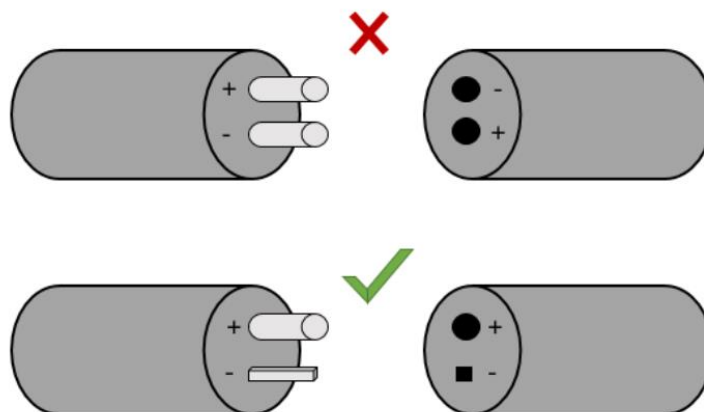
Podnik by měl být do jisté míry soběstačný. Přílišná závislost na dodavatelích vede k nestabilní pozici na trhu. Na globálním trhu si nekonkurují pouze výrobci daného produktu, ale i celé hodnototvorné řetězce. Zlepšení konkurenceschopnosti je tak v zájmu všech zúčastněných stran. To bývá hlavním předmětem vyjednávání o cenách v rámci dodavatelského řetězce. [16]

3.2. Nástroje pro optimalizaci výrobních procesů

Po definování příčiny problému v rámci štíhlé výroby je potřeba zvolit správný nástroj k optimalizaci procesu. Kýženého výsledku lze v rámci této bakalářské práce dospět využitím metod jako například Poka-Yoke, 3P, 5S nebo metody Design for manufacturing and assembly (DFMA). Dále v textu zvolené metody blíže specifikuji.

3.2.1. Poka-Yoke

Metoda Poka-Yoke je doslovně překládána jako zabránění neúmyslným chybám. Hlavním cílem této metody je navrhnout proces z konstrukčního pohledu tak, aby byla definována exaktní poloha každého dílu. Díky opatřením, zavedeným na počátku celé výroby, pak nedochází ke zhotovení neshodných dílů v porovnání s výkresovou dokumentací. Odfiltrováním možnosti vzniku chyby vlivem lidského faktoru dojde k redukci plýtvání materiálem a pracnosti, resp. snížení požadavků na odbornou způsobilost operátora. Typický příklad aplikace Poka-Yoke, kdy je poloha dvou protikusů přesně definována, je znázorněn na obrázku níže. [17]



Obrázek 17: Aplikace metody Poka-Yoke [18]

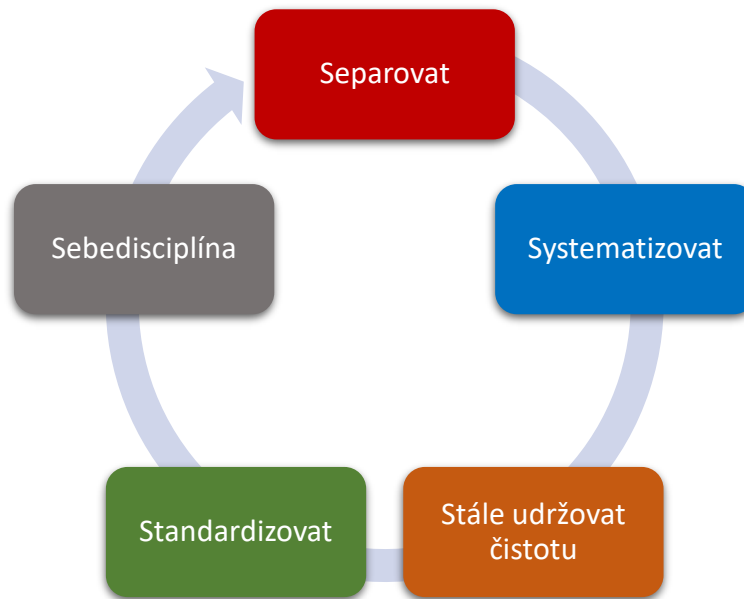
Informační prvky (+ a -), napomáhají k lepší orientaci při skládání sestavy. Nezaručují však přesnost sestavení. S vizualizací předmětů se nejčastěji lze setkat v různých návodech. Jelikož člověk přemýšlí výhradně v obrazech, je samotný prostý text v návodkách nedostačující. Vyobrazení konkrétního úkonu snižuje chybovost, zvyšuje míru bezpečnosti a v neposlední řadě šetří čas operátora. [18]

3.2.2. 3P

Proces přípravy produkce (3P-Production Preparation Process) je metoda zaměřená podobně jako Poka-Yoke na eliminaci plýtvání již při počáteční fázi procesu optimalizace. Hlavním cílem je spoluprací multiprofesního týmu vyhovět potřebám zákazníků při nižší časové a materiálové náročnosti. Optimalizací předvýrobních činností je možné odfiltrovat řadu nepřesností, které by byly zjištěny v průběhu výroby. Tím, že návrhem optimalizace se zabývá několik pracovníků z různých částí výrobního systému současně, jsou navrhované změny efektivnější. Výhodou této metody je rychlé testování nových nápadů. [19]

3.2.3. Metoda 5S

Dalším prostředkem k zamezení plýtvání na pracovišti je metoda 5S. Již z názvu je patrné, že obsahuje 5 dílčích kroků. Metoda opět pochází z Japonska a v originále je označována slovy Seiri, Seiton, Seioso, Seiketsu a Shitsuke. Do českého jazyka je překládáme jako Separovat, Systematizovat, Stále udržovat čistotu, Standardizovat a Sebedisciplína. Návaznost kroků je znázorněna na obrázku 18. Aplikace jednotlivých stupňů metody 5S zlepšuje organizovanost a přináší větší přehled na pracovišti. To se pak stane standardizovanějším a samotná výroba je sofistikovanější než před zavedením těchto změn. Cílem je vytvořit přehledné uspořádání pracovní plochy a přidružených prostor tak, aby se zamezilo prodlevám při hledání nástrojů apod. Tuto metodu lze využít při optimalizaci technologičnosti konstrukce v rámci vyhotovení montážních postupů. V případě, že komplikace budou pro vybrané zástupce společné, mohou být návrhy realizovány v rámci metody 5S. [20]



Obrázek 18: Metoda 5S [20]

Stejně jako u všech procesů je první krok ten nejdůležitější. Jelikož se na základě něho odvíjejí kroky navazující, je vhodné věnovat naplánování a realizaci právě tohoto kroku dostatek času a patřičnou vážnost. Docílí se tak hladkého průběhu implementace kompletní metody.

Prvním krokem je **separace** předmětů a definování prostoru, kde se daná operace uskutečňuje. Na pracovišti se mají vyskytovat pouze předměty potřebné pro výkon práce. Nepoužívané položky by měly být odstraněny mimo dosah tak, aby nepřekážely během celého procesu. [21]

Systematizace (vhodné uspořádání) vytřízených nástrojů a ostatních předmětů by měla korespondovat s frekvencí jejich použití. Zároveň by těžší předměty měly být umístěny tak, aby operátor nemusel vynakládat zbytečnou energii při manipulaci s nimi. Každá položka je tak definována svou exaktní pozicí. [21]

Pracoviště je potřeba **stále udržovat v čistotě** a pořádku. Předchází se tak nežádoucímu znečištění produktu a okolí. Použité nářadí je umisťováno zpět na své místo. Cílem není pouze odstraňovat následky (čistit znečištěné), ale předcházet situacím, které v důsledku přinášejí vznik chaosu.

Pro lepší trasování je doporučováno pořídít záznam pracoviště (foto, video) a s odstupem vyhodnotit kritické body. Následnou optimalizací lze odstranit prvotní zdroje narušení systému. [21]

V návaznosti na implementaci optimalizace z kroku 3 je potřeba vytvořit **standardizovaný postup**, který musí být dodržován i nadále. Proškolení zaměstnanci tak mohou vykonávat práci vždy stejným způsobem. Tím je založen předpoklad pro udržitelnost nového procesu. [21]

Metodu 5S uzavírá krok, při němž dochází ke zpětné kontrole (**sebedisciplína**). Ta je evidována do výkazu a průběh udržování potřebného přehledu na pracovišti tak může být dlouhodobě sledován, vyhodnocován a aktualizován. Pokud je stav nevyhovující, vrací se v této metodě do kroku 3 (vyhodnocení kritických bodů), případně do bodu 2 (rozmístění předmětů), ve výjimečných případech ke kroku 1 (definice pracoviště a výběr předmětů). [21] [22]

Před 5S



Po 5S



Obrázek 19: Srovnání stavu skladu před a po implementaci metody 5S [21]

Před zavedením změn byla situace nevyhovující z důvodů:

- 1) Zásoby naskladněné mimo dosah personálu
- 2) Krabice volně odložené v uličce
- 3) Nestejnorodé skladovací boxy – neefektivní skladování
- 4) Položky bez rozpoznatelné organizace
- 5) Nepořádek na přístupových cestách – riziko úrazu

Stav po implementaci metody 5S je lepší z důvodů:

- 1) Skladování položek v jednotných boxech
- 2) Sledování stav zásob online – čárové kódy
- 3) Označení každého boxu
- 4) Volný přístup ve všech položkách
- 5) Dostatečné osvětlení
- 6) Vhodná výška regálu – přehlednost, využití místa [21]

Metoda 5S je v praxi dále rozšiřována. Další body však nejsou pevně ukotveny a každý podnik si je tak může definovat dle vlastních potřeb.

Krok č.6 – Bezpečnost na pracovišti

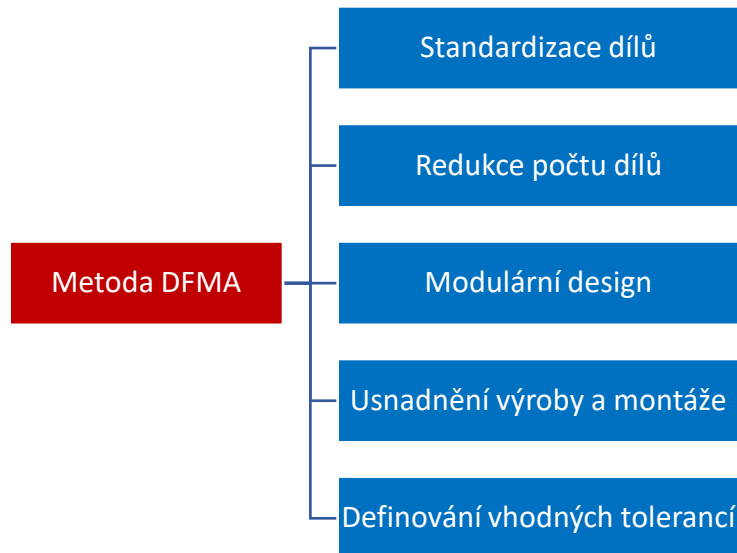
Každé pracoviště by mělo být pro zaměstnance co nejbezpečnější, aby byla eliminováno riziko poranění. Lze říci, že do určité míry se bezpečnost zlepší systematickým uspořádáním pomůcek a dalších položek viz předcházející body. Zde je ovšem úsilí soustředěno speciálně na osobní bezpečnost při práci. Zaměstnavatel pro své podřízené tedy zajistí speciální vybavení pro jejich ochranu. Mohou to být ochranné pomůcky (rukavice, brýle, celotělové kombinézy, ...), hasící přístroje, lékárničky a ostatní prostředky pro záchranu osob a majetku. S tím je spojené zajištění školení BOZP, požární ochrany nebo speciální školení pro řidiče, je-li náplní práce zaměstnance také řízení firemního vozu nebo vysokozdvihných vozíků. Zodpovědnost za školení BOZP nese vedoucí pracovník. [23]

Krok č.7 – Bezpečnost pro okolí, ekologie

V dnešní době jsou z důvodu ochrany půdy, vody a ovzduší kladeny stále větší nároky na ekologickou likvidaci odpadů. V průmyslu se to týká zejména provozních kapalin, olejů, ředidel a barev. Správně třízený zbytkový materiál po obrábění v podobě špon se může paletizovat a je znovu využit pro další zpracování v hutích. Eliminuje se tak negativní dopad průmyslu na životní prostředí. [23]

3.2.4. DFMA

Metoda DFMA (Design For Manufacture and Assembly) kombinuje metodu zlepšení designu z pohledu výroby (DFM) a montáže (DFA). Hlavním cílem uplatnění DFMA je snížení výrobních a montážních nákladů, zjednodušení konstrukčního řešení a zlepšení kvality produktu. [24]



Obrázek 20: Principy metody DFMA [24]

Prvním způsobem, kterým lze redukovat náklady, je využívat **standartní rozměr** materiálu a **normalizované součástky**. Příkladem mohou být šrouby běžně dostupných délek, které budou vždy levnější než šrouby vyráběné na zakázku. [24]

Dalším principem je **redukce počtu součástí**. Tímto krokem nedochází pouze ke snížení přímých nákladů na montáž, ale také nepřímých nákladů (doprava, evidence, skladování, ...). Jedním z přístupů, kterým lze zaručit snížení nákladů je unifikace konstrukčního řešení (zaručení zaměnitelnosti dílu z jiného typu výrobku). Druhým způsobem je simplifikace konstrukce (zjednodušení součásti). Více používaných dílů přináší větší riziko selhání výsledné sestavy. [3]

Zavedení **modularity** může být velmi přínosnou aktivitou. Využití jednotného designu, použitelného pro vícero typů produktů, taktéž sníží celkový počet dílů a součástí. Příkladem může být jednotná základní deska vhodná pro osazení několika druhů motorů. [24]

Optimalizace je spojena s **usnadněním práce** obsluhy. Není však pravidlem, že 100% úspora nákladů spojených s montáží je z ekonomického

pohledu nejlepším řešením. Proto je nutné najít kompromis mezi efektivitou výroby a montáže tak, aby bylo možné produkt vyrobit co nejlevněji s dodržením kvalitativních požadavků. [24]

Přesnost výroby a montáže musí odpovídat **stanoveným tolerancím**. Rozmezí by mělo být určováno dle požadavků na funkčnost a spolehlivost dílu. Příliš úzké toleranční pole zatěžuje celý proces zbytečnými náklady. Je-li definováno toleranční pole příliš široké, mohou vznikat nepřesnosti při montáži v důsledku kumulace limitních případů. [25]

Vzhledem k tomu, že výše uvedené metody optimalizací se netýkají pouze výroby, ale i její technické přípravy, řízení a efektivnímu uspořádání pracoviště, lze je souhrnně označit pojmem racionalizace. Úkolem všech způsobů zlepšení je navýšit produktivitu práce při minimalizaci provozních nákladů. Nejedná se o konečný stav, nýbrž o proces neustálého zlepšování. Kvůli tomu aktuální stav racionalizace nelze přesně určit. O metodách hodnocení optimalizace je více zmíněno v následující kapitole.

3.3. Hodnocení technologičnosti konstrukce

V kapitole 2.5 jsem vysvětlil pojem technologičnost konstrukce a kdo je odpovědný za její posouzení. V této kapitole přiblížím konkrétní postup hodnocení.

K tomu, abychom mohli rozhodnout, zda navržená změna přinesla požadované výsledky, je potřeba komparativního posouzení stavu před a po zavedení optimalizačních řešení. To lze pojmut z několika hledisek např. porovnání pracnosti výroby viz níže. Zavedením změn předchází zvolení správné varianty, k tomu slouží metoda vícekriteriálního rozhodování. Obecná metodika multikriteriálního hodnocení spočívá v celkem šesti bodech viz obrázek 21. [26]

Metoda vícekriteriálního rozhodování je založena na porovnávání hodnot sledovaných kritérií s uvažovanými vzorovými hodnotami. Na základě analýzy jsou vybrány klíčové operace nebo jiné ukazatele. Počet sledovaných parametrů není pevně daný, proto ho lze upravit pro konkrétní případ. Kritéria se dělí dle typu preference na maximalizační a minimalizační. Tedy zda jsou

výhodnější vyšší hodnoty nebo nižší. Toto rozdělení lze zapsat matematicky pomocí znaménka +/- . Dále lze kritéria rozlišovat na kvalitativní a kvantitativní, zda je hodnocení verbální či numerické. Pro kvalitativní parametry je potřeba vytvořit umělou stupnici, podle které budou následně hodnoceny. [26]



Obrázek 21: Obecná pravidla vícekriteriálního rozhodování [26]

Vícekriteriální rozhodování musí obsahovat váhy, které vyjadřují relativní důležitost daného kritéria. Existuje několik metod stanovení vah jednotlivých kritérií. Metoda pořadí (suma vah se rovná 1) a bodovací metoda (stupnice např. 1-10, kde 1 znamená nejméně důležité a 10 nejdůležitější kritérium) patří mezi nejjednodušší metody, avšak pro náplň této bakalářské práce jsou dostačující.

Stanovením etalonu se rozumí vzorový příklad varianty. Posuzované varianty jsou srovnávány s tímto myšleným ideálem. Druhou variantou je porovnávání návrhových studií s původním stavem. Jedná se tedy o komparativní posouzení stavu před a po.

Slovní hodnocení variant je podloženo sumací jednotlivých kritérií a vah. Dílčímu hodnocení vždy předchází sjednocení jednotek za účelem exaktního posouzení. Dle zvyklostí platí, že čím jsou výsledky uspokojivější, tím vyšší bodovou hodnotu varianta získává. Nicméně to vždy záleží na hodnotiteli.

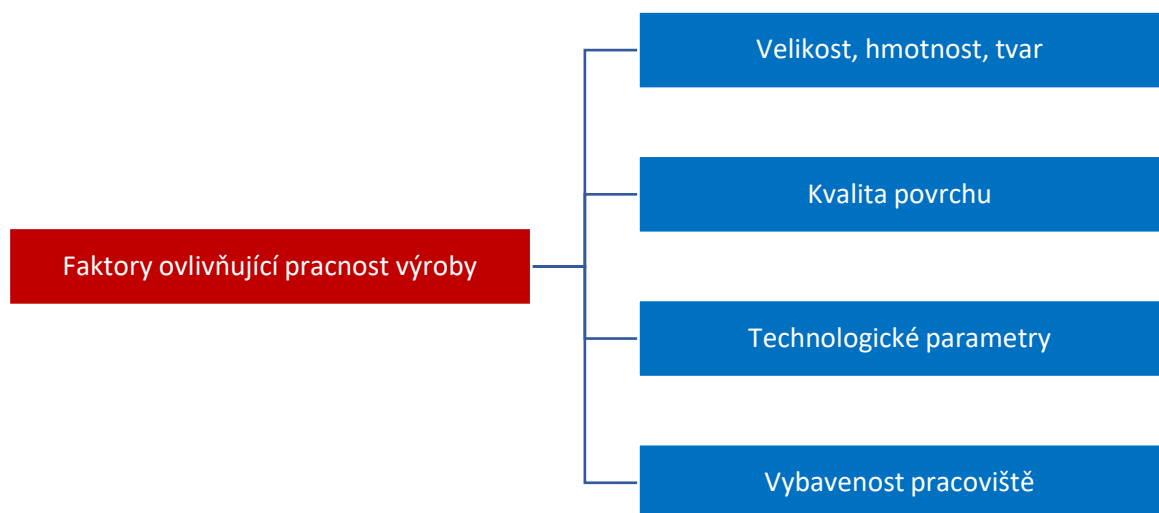
Před výběrem vhodné varianty je potřeba zvážit možná rizika, která dané rozhodnutí může přinést. Pokud nejsou v rozporu se základními požadavky, může se pokračovat k realizaci. [26]

Směrodatnými ukazateli ve vícekritériální analýze mohou pro posouzení technologičnosti konstrukce být například spotřeba materiálu, pracnost výroby atp.

Rovnice pracnosti výroby:

$$p = \frac{\text{pracnost starého výrobku}}{\text{pracnost nového výrobku}} \quad [1]$$

Pracnost výroby spadá společně s normami obsluhy, početního stavu a výkonovými normami do obsáhlejšího tématu technicko-hospodářských norem. Zatímco normy času stanovují potřebný čas pro jednotlivé operace, pracnost určuje celkový čas potřebný ke zhotovení výrobku. [27]



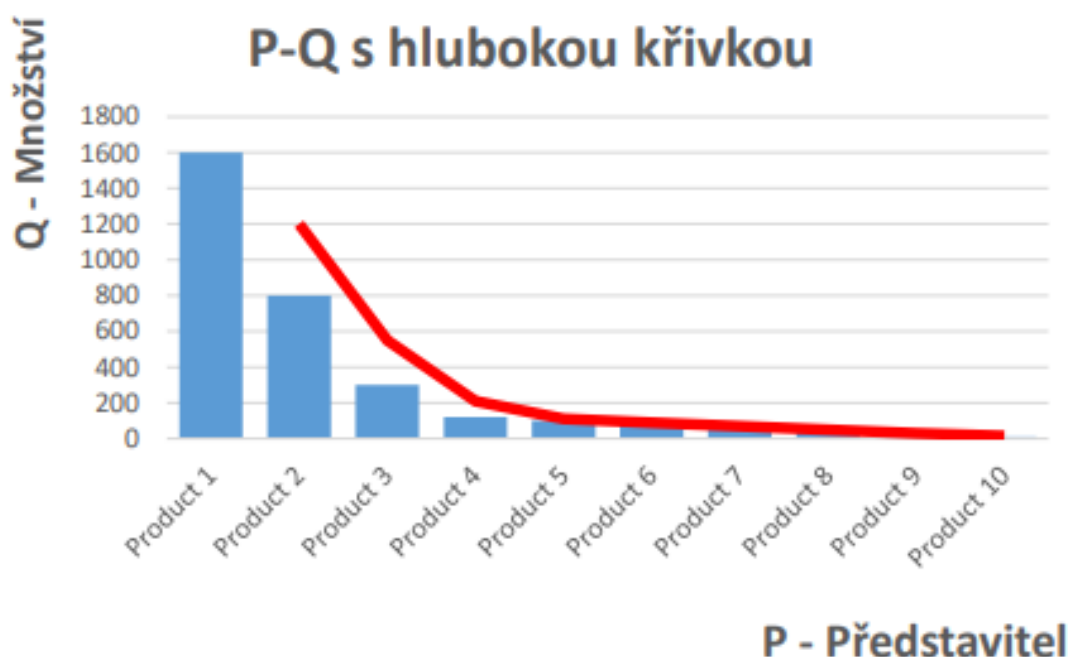
Obrázek 22: Faktory ovlivňující pracnost výroby [27]

Zmíněné faktory viz obrázek výše jsou z více než 50 % ovlivněny právě technologičnostmi konstrukce. Dalším aspektem je vybavenost pracoviště, což blíže souvisí s ergonomií. Technologické parametry budou klíčovým sledovaným kritériem v další části bakalářské práce, kde se budu zabývat konkrétními problémy v rámci mé experimentální činnosti.

3.4. P-Q diagram

P-Q analýza je vhodná pro určení správných zástupců, které budou podrobeny analýze. Vzhledem k širokému výrobnímu programu bude potřeba nejprve vybrat vhodného zástupce. To bude nejlépe proveditelné právě pomocí P-Q diagramu. Jedná se o nástroj, který vyjadřuje kvantitu položek za dané období. Získaná data jsou následně zanesena do grafu. Existují dva typy grafů. Graf s hlubokou a mělkou křivkou.

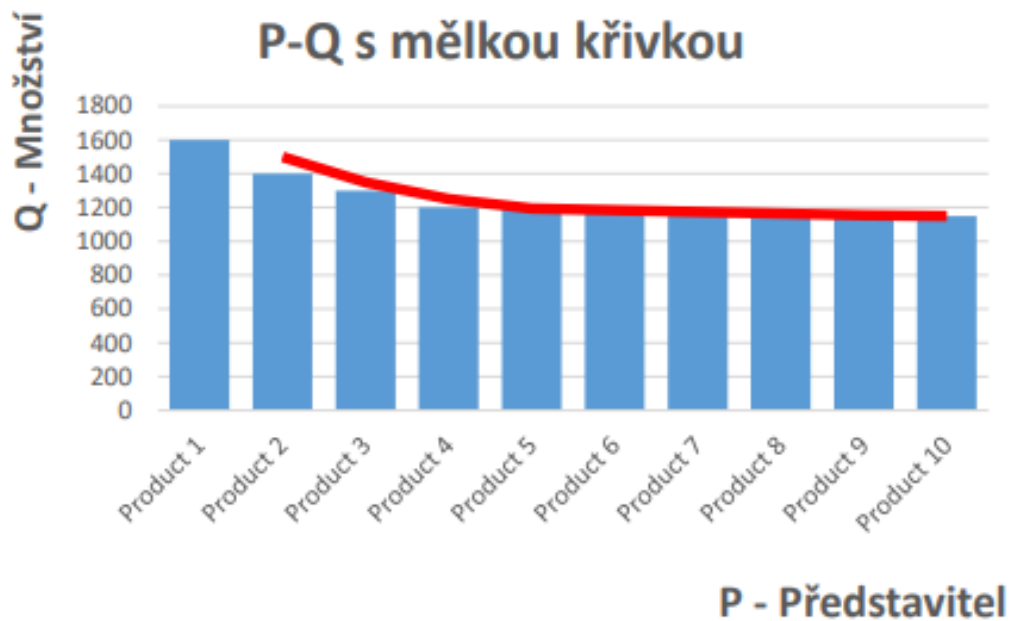
Z grafu s hlubokou křivkou je patrné, že podnik je zaměřen na výrobu nebo prodej úzkého spektra výrobků. Ostatní produkty jsou upozaděné v rámci celkové produkce. Levá část upozorňuje na možnost specializované volby technologie pro majoritní produkty. Vhledem k procentuálně vyšší sériovosti oproti zbytku produktového portfolia může dojít k výrazné úspoře nákladů. [3]



Obrázek 23: P-Q diagram s hlubokou křivkou [3]

P-Q diagram bývá doplněn o procentuální osu. V návaznosti může být využito Parretovy analýzy, která má za úkol identifikovat 80 % produkce, na které by bylo vhodné se zaměřit. Tím se potvrzuje důležitost principu zaměření na podstatné aktivity, popsany výše. U grafu s hlubokou křivkou je této analýzy využíváno hojněji vzhledem k menšímu množství zahrnutých produktů.

Graf s mělkou křivkou vyjadřuje rovnoměrnější rozložení sortimentu. Každý produkt má výrazný podíl na celkové produkci. Zde je vhodné přistupovat k optimalizaci jednotně tak, aby změny ovlivnily všechny prvky. Ideálním příkladem je optimalizace výrobních nebo skladových prostor, logistiky, administrativy a dalších společných faktorů pro více produktů. [3]



Obrázek 24: P-Q diagram s mělkou křivkou [3]

V této kapitole byly objasněny hlavní cíle štíhlé výroby. Hlavním principem pro tuto bakalářskou práci je princip zamezení plýtvání. Výběr konkrétních nástrojů byl podmíněn právě tímto bodu. Popsané metody budou dále využity při návrhu optimalizačních opatření. Využitím každé z metod (DFMA, Poka-Yoke, 3P, 5S) ve výrobním systému může dojít ke zlepšení stavu výroby z pohledu technologičnosti konstrukce.

4. Analýza technologičnosti konstrukce výrobního představitele

Po představení firmy v úvodu této kapitoly využiji teoretické znalosti popsané výše k analýze montážního procesu. Pomocí P-Q analýzy vyberu vhodného zástupce. Pro zvolený produkt vyhotovím montážní postup, ze kterého následně vyselektuji problematické operace. Pro alokované kritické body navrhnu varianty změn, které posoudím pomocí vícekriteriálního rozhodování.

4.1. Představení firmy

Společnost Huddy Diamonds s.r.o. vyrábí a dodává stroje malé mechanizace pod vlastní značkou Diakat pro český i zahraniční trh. Cílem podniku je zajistit kompletní služby pro zákazníky ve stavebnictví a kamenoprůmyslu. Produktové portfolio tak obsahuje stavební stroje pro opravu a údržbu pozemních komunikací a stroje pro dělení a obrábění kamene. Řezací, frézovací i brousící technika je dodávána společně s diamantovými nástroji jako příslušenstvím. Níže uvádím označení jednotlivých vyráběných strojů dle jejich využití.

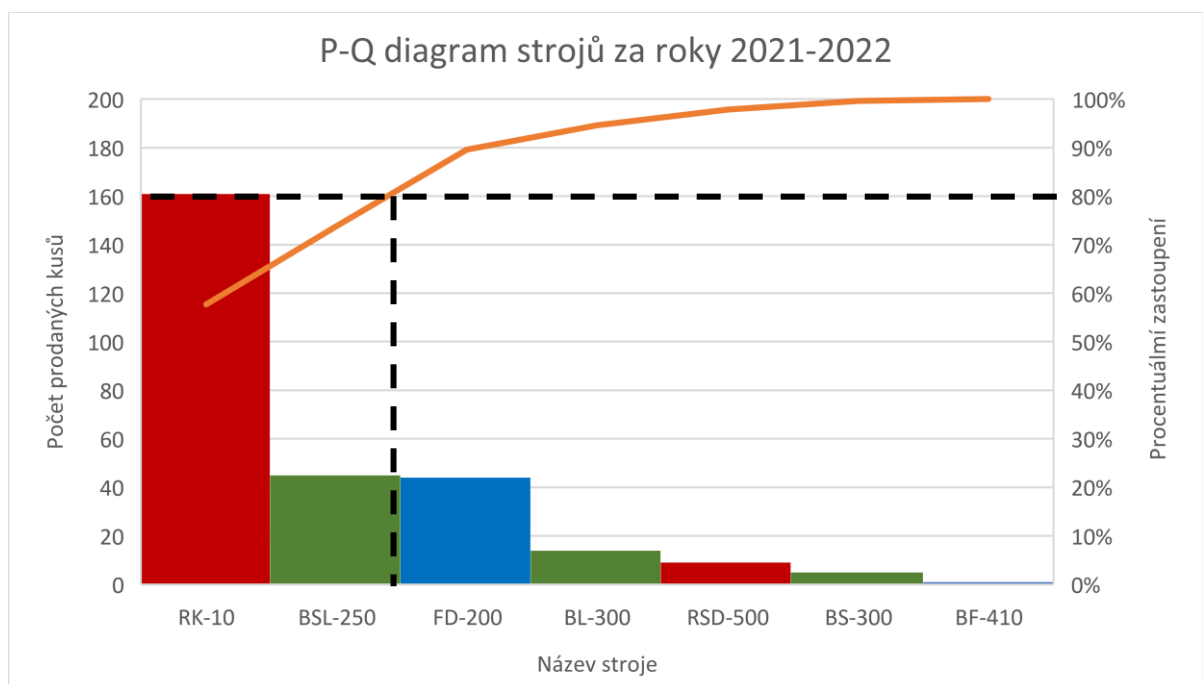


Obrázek 25: Výrobní program společnosti Huddy Diamonds

V technickém oddělení pracuje celkem 6 zaměstnanců. Výrobní manažer, administrátor výroby, nástrojař, svářeč, zámečnick a pracovník montáže. Společnost disponuje oddělenými pracovišti výroby a montáže, vzdálenými 30 km. Tento faktor významně ovlivňuje průběžnou dobu výroby,

zmetkovitost a zbytečně vyložené náklady spojené s logistikou. Aby se zamezilo případným ztrátám, je kladen velký důraz na kvalitu odvedené práce. Odborná konzultace v podniku v rámci obsahu a naplnění cíle bakalářské práce byla vedena zejména s montážním pracovníkem.

Prvním krokem je aplikace P-Q analýzy, díky které jsem zjistil, které stroje se nejvíce podílely na celkovém množství prodejů za poslední dva roky, tj. 2021 a 2022. Nejčastěji vyráběné stroje značně ovlivňují celkové náklady výrobního programu, z toho důvodu budou podrobeny analýze a návrhu optimalizací. Zvolené období reflektuje blízkou minulost a zároveň po konzultaci s vedením firmy odpovídá predikci z let minulých. Díky tomu mohu konstatovat, že se jedná o správný a směrodatný údaj. Zároveň je tak obsaženo dostatečné množství dat pro stanovení dostačujících závěrů. P-Q diagram je doplněn o osu procentuálního zastoupení výrobků celkových prodejů.



Obrázek 26: P-Q diagram prodaných strojů za roky 2021-2022

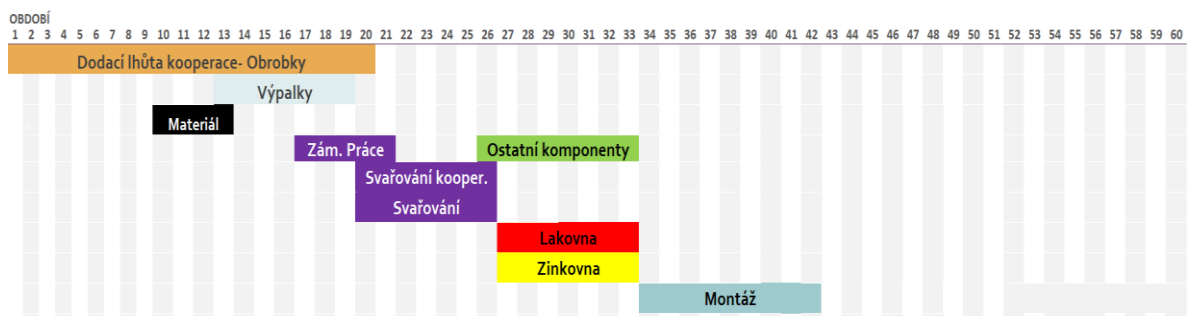
Je zřejmé, že se jedná o graf s hlubokou křivkou. Stroj RK-10 (řezačka divokých spár) je tzv. majoritní produkt. Dominance je dána množstvím variant, ve kterých je stroj dodáván. Ty se liší v typu pohonu (spalovací motor, elektromotor). Dalšími produkty výrobního programu jsou podlahová bruska BSL-250, která se společně s frézou FD-200 řadí také mezi významné zástupce

celkového obratu. Z grafu je patrné, že všechny tři technologie mají svého zástupce v požadovaných 80 % celkového obratu. Tím se potvrzuje fakt, že se firma zabývá komplexními službami pro své zákazníky a nezaměřuje se pouze na jednu z technologií. Ostatní brousící a řezací stroje jsou doplňkovými produkty zajišťující specifické požadavky zákazníků. Předmětem optimalizačního návrhu volím stroj RK-10 díky jeho dominantnímu zastoupení, a to 58 % z celého výrobního programu podniku.

4.2. Analýza současného stavu montážního procesu

Analýzu současného stavu montážního procesu jsem provedl na základě dvouměsíční stáže v podniku. Na pracoviště montáže jsem docházel 3 dny v týdnu a pod vedením zkušeného pracovníka si prošel zaškolením.

Nejprve popíšu proces montáže jako takový. Vyrobené součástky a jednotlivé díly jsou odeslány do kooperací na povrchovou úpravu a po doručení z lakovny a zinkovny uskladněny v montážním skladu. Z něho jsou postupně vyskladňovány a montovány do podsestav a sestav. Z poskytnutých dat podnikem jsem zjistil, že současná průměrná doba montáže jednoho stroje se pohybuje okolo 7 hodin. Odchylka montáže různých modifikací stroje je ovlivněna zejména použitým typem pohonu. Elektromotor musí být zapojen kvalifikovaným externím zaměstnancem a vyžaduje tak práci navíc. Tento časový údaj je ale přibližně stejný u všech vybraných strojů, proto ho považuji za unifikovaný. Výrobní série, zadávaná do výroby, čítá obvykle 10 kusů jednoho typu stroje. Průměrný čas potřebný pro montáž jedné dávky je tedy 9 pracovních dní.



Obrázek 27: Stávající průběžná doba výroby [28]

I přes pravidelnou namátkovou kontrolu kvality ve výrobě a před odesláním dílů do kooperací se při sestavování součástí do strojních skupin odhalí vady z předchozích procesů a je nutná jejich náprava. Většina z nich je proveditelná přímo na montážním pracovišti. Jemné zabroušení dosedacích ploch, úprava rozměru děr pro spojovací materiál nebo malé úpravy ohýbaných dílů patří do pracovní náplně pracovníka montáže. Závažnější vady detekované na montáži jako například změna rozměru polotovaru, hrubé nedodržení ostatních parametrů definovaných výkresovou dokumentací atp. jsou však vráceny zpět do výroby a celý výrobní proces je prodloužen o opravné práce. Výrobní čas zakázky je prodloužen až o 1 týden. Tuto skutečnost značně ovlivňuje rozdělení pracovišť výroby a montáže, tj. zajištění logistiky spojené s opravou vadných součástí. Vady nelze předpovědět se 100% přesností, proto se při plánování výroby počítá s nejzazším termínem tak, aby byla vždy dodržena doba dodání produktu zákazníkovi. Data, ze kterých se tak stanovuje, jsou historicky splněné zakázky. Cílem je zaručit co nejkratší dobu od obdržení závazné objednávky po výdej zboží v co nejvyšší kvalitě.

4.3. Návrh montážního postupu

Vstupními daty, se kterými jsem dále pracoval, byly rozpady montážních skupin, konstrukční kusovníky a výrobní výkresy jednotlivých součástí. V příloze 1 uvádím rozpad strojních skupin pro zkoumaný stroj RK-10. Rozpady montážních skupin fungují jako základní manuál. V této situaci však nebyly dostačující. Vzhledem k četnosti drobných nedostatků je vhodné využít podrobnějších návodů, montážních postupů. Ty nebyly k dispozici, proto jsem navrhl jejich zhotovení.

Po obsahové stránce budou rozšiřovat již dostupnou dokumentaci. Posloupnost kroků bude zaručena číslováním operací ve tvaru X.Y., kde X značí číslo operace a Y značí číslo úseku. K tomu bude přiřazeno slovní označení operace. Vzhledem k druhu montáže, tedy interní stacionární soustředěné montáži, kde se využívá drobné mechanizace v podobě nástrojů, ostatních pomůcek a přípravků, je potřeba definovat kromě součástek také nářadí

používané při montážní činnosti. Samotný popis operace bude obsahovat konkrétní body, jak při montáži postupovat až po montážní úkony. Pro lepší orientaci a názornost budou k postupu přiloženy fotografie z montážního procesu. Vizualizace dílčích kroků pomůže k rychlejší orientaci pracovníka.

Detailní popis úkonů lze využít při zaškolení nových pracovníků. Standardizace montážního postupu, jakožto reálná aplikace čtvrtého kroku z metody 5S, může pomoci v dalším rozvoji podniku. Návrh šablony jsem konzultoval s vedoucím pracovníkem a po odsouhlasení ji využil k dalšímu zpracování.

4.4. Zhotovení montážního postupu

Z převzatých informací od pracovníka montáže a z vlastních zkušeností jsem následně vyhotovil montážní postup. V příloze 2 uvádím celý montážní postup bez obrázků. Z něho jsem vybral operace montáže krytu nástroje a montáže pojezdových koleček stroje, na kterých demonstрую kritické body, zatěžující proces zbytečnými náklady. V textu jsou doplněny o demonstrativní fotografie. Nejdříve popíši současný stav montáže problematických operací.

4.4.1. Operace 4.4 - Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás

Po obvodu pláště krytu je přinýtován zaměřovací pás. Zde je potřeba dbát správného postupu, jelikož díry ve výpalku pláště nejsou symetrické a může dojít k záměně strany.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.4	Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás	<ul style="list-style-type: none">Nýt trhací s plochou hlavou D3x8 (4x)Zaměřovací pás D200mmNýtovací kleště	- Přinýtovat zaměřovací pás (pozor z jaké strany - díry nejsou symetricky)



Obrázek 28: Montážní postup – operace 4.4

Chybně umístěné nýty se pak musí odvrtnat. Snadné montáži také překáží ponechaný výčnělek na plášti krytu nástroje. Kvůli němu je omezen manipulační prostor pro nýtovací kleště.

4.4.2. Operace 4.5 - Montáž krytu nástroje – prachovka

Druhou operací je montáž prachovky. Tou je ohnutý průmyslový kartáč. Ohýbání je prováděno ručně s využitím kladiva ve stolním svěráku. Jedná se o kartáč s profilem „h“ a je deformován viz obrázek níže.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.5	Montáž krytu nástroje - prachovka	<ul style="list-style-type: none">• Kartáč krytu nástroje• Kladivo• Úhlová bruska (řezací kotouč)	<ul style="list-style-type: none">- Uříznout kartáč z metráže (570 mm)- Ohnout ve svěráku pomocí kladiva- Vyříznout otvor dle díry pro odsávání



Obrázek 29: Montážní postup – operace 4.5

Výztuž je tak namáhána tlakem a v rozích dochází k přechování materiálu. Delší strana hliníkového profilu je pevnější a nedochází k žádoucí destrukci vnějšího okraje profilu. Deformace kartáče má za následek ztíženou montáž. V případě špatného zaměření délky strany nelze kartáč opětovně narovnat a ohnout v jiném místě.

4.4.3. Operace 4.7 - Montáž krytu nástroje – kolečka

Jelikož se jedná o svařovanou konstrukci, je problematické zajistit stejnou osu koleček krytu nástroje. Ta musí být zaručena pro rovnoměrné zatížení obou koleček tak, aby manipulace s celým strojem byla komfortní. Před výstupní kontrolou je potřeba díru pro levé kolečko případně zvětšit tak, aby se kolečko při pohybu stroje odvalovalo po zemi. V případě křivosti celého svařence se kryt musí mechanicky rovnat za užití lidské síly.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.7	Montáž krytu nástroje - kolečka	<ul style="list-style-type: none">• Kolo pojezdové Navrátil Elastic 2000• Šroub předního poj. kola M12x80• Matice šestihranná samojistná M12• Podložka plochá M12 (2x)	<ul style="list-style-type: none">- Zasadit kolo (k madlu) do patek šroubem a maticí s podložkami, tak aby bylo volně otočné- V případě potřeby doplnit podložky, aby kolo nebylo příliš volné



Obrázek 30: Montážní postup – operace 4.7

Mechanické rovnání krytu je možné díky tomu, že kolečka krytu nástroje nenesou váhu celého stroje ale pouze zmiňovaného krytu. Kolečka na krytu nástroje slouží jako přidavné opěrné body. Tolerance v jejich souososti nemá vliv na funkčnost stroje.

4.4.4. Operace 8.8 - Montáž pojezdových koleček

Pro montáž koleček je zapotřebí nejprve zabrousit na hřídeli průměry, na které se nasazují ložiska. V případě, kdy není možné upravit průměr na předepsaný rozměr ručním broušením, je nutné odvést zinkované díly zpět do výrobní haly a zmenšit průměr obrobením na soustruhu. Tím je však součást zbavena naneseného zinku a je zapotřebí celý proces opakovat.

Název činnosti: Montáž RK – 10 - rám

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
8.8	Montáž pojezdových koleček	<ul style="list-style-type: none">• Kolo pojezdové• Šroub se šestihrannou hlavou M10x30 -8.8• Matice šestihranná nízká M10 + podložky• Hřídel zadního kola D180mm• Smrkový papír• Vazelína• Závítník M10	<ul style="list-style-type: none">- Zabrousit na hřídeli zadního kola plochy pod ložiska- Namazat ložiska i hřídel vazelínou- Vložit hřídel do kola- Očistit závit na hřídeli závítníkem- Nasadit hřídel kola na rám stroje- Zajistit šroubem M10 a pojistnou maticí



Obrázek 31: Montážní postup – operace 8.8

Ložiska jsou pro snazší demontáž a případný servis uložena s vůlí. Uložení s přesahem nalisováním by bylo příliš komplikované a nežádoucí z dlouhodobého hlediska právě kvůli servisním úkonům. Axiální zajištění kola na hřídeli pomocí šroubu a podložky je dostatečné.

5. Návrh optimalizačních řešení

V návrhové fázi nejprve stanovím sledovaná kritéria, podle kterých budu rozhodovat o vhodnosti dané varianty. Kritéria ohodnotím metodou pořadí s dohodnutou stupnicí.

Důležitým parametrem pro návrh optimalizačních řešení je předpoklad příznivé změny pracnosti. Z toho důvodu přiřkládám největší váhu 0,5 právě tomuto kritériu. Zachování nebo vylepšení technologických parametrů je druhým nejdůležitějším parametrem. Vážnost tohoto sledovaného kritéria je tedy 0,3 bodů. Navržené řešení je potřeba aplikovat v co nejkratším čase a za co nejnižší investiční náklady. Váhu kritérií časové a finanční náročnosti tak hodnotím 0,1 body. Bodovací stupnici stanovuji na základě subjektivního rozhodnutí v rozmezí $\langle -10; 10 \rangle$. Záporně jsou hodnocena kritéria, která jsou spojena s dalšími náklady (časové a finanční náklady na úpravu dokumentace) nebo mají jiný negativní vliv. Zároveň je potřeba definovat kritickou mezní hodnotu. Technologické parametry a pracnost by se měly po optimalizaci zlepšit. Z toho vyplývá, že záporné hodnoty jsou u těchto kritérií nežádoucí. Etalonem k porovnání stanovuji současný stav s celkovým ohodnocením 0 bodů.

5.1. Výběr operací k optimalizaci

Prvním kritickým bodem vybraným k optimalizaci jsou zinkované díly. V tabulce níže jsou ohodnoceny návrhové varianty, z nichž vyberu nejvýhodnější. V dalším kroku budu podle ní postupovat při optimalizaci.

Tabulka 1: Vícekriteriální rozhodování pro zinkované součástky

ZINKOVANÉ DÍLY	Váha	V1 – Úprava tolerančních polí	V2 – Změna technologie PÚ	V3 – Zakoupení pásové brusky
Časová náročnost	0,1	-6	-8	-4
Finanční náročnost	0,1	-3	-6	-9
Technologické parametry	0,3	10	5	0
Předpokládaná změna pracnosti po optimalizaci	0,5	8	8	4
Bodů celkem	1	6,1	4,1	0,7

Z porovnání variant vychází, že nejlepší možností, jak eliminovat vady na zinkovaných součástech, je úprava tolerančních polí stávající výkresové dokumentace. Doposud se galvanické pokovování zinkem osvědčilo jako dostatečná povrchová úprava (PÚ). Změna technologie pokovení by obnášela také úpravu výrobních výkresů, navíc s nejistým výsledkem kvality povrchu. Ta by musela být navíc odzkoušena a kvalifikována jako dostatečná.

Zakoupením pásové brusky na pracoviště montáže by se docílilo snížení časové náročnosti úkonů broušení. Nicméně toto řešení se nezabývá příčinou, ale až důsledkem vad. Kvalita povrchové vrstvy by se od současného stavu nezlepšila, tudíž tuto variantu považuji za nepřijatelnou.

Úpravu tolerančních polí na výrobních výkresech jsem provedl po důkladném měření výrobků dle stávající dokumentace. Konkrétně na hřídelích pro kolečka jsem měřil průměry pod ložiska před a po zinkování. Tím jsem zjistil vrstvu naneseného kovu. Podle ní jsem upravil výkres tak, aby byla zaručena smontovatelnost sestavy.

Po konzultaci s montážním pracovníkem a z vlastních zkušeností jsem zjistil, že se nejedná o jedinou součást, kterou je potřeba upravovat. Proto jsem se rozhodl provést revizi všech zinkovaných dílů napříč produktovým portfoliem. Aktualizované výkresy byly předány do výroby. Úpravou všech zinkovaných dílů dojde také k zamezení plýtvání při dopravě mezi pracovišti.

Druhým vybraným bodem je montáž krytu nástroje, konkrétněji prachovky krytu. V tabulce 2 jsou opět vidět body jednotlivých kritérií.

Tabulka 2: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – prachovka

Kryt nástroje – prachovka	Váhy	V1 – Změna směru ohýbání kartáče	V2 – Odstranění kartáče	V3 – Změna konstrukce krytu nástroje – vodní skrápění
Časová náročnost	0,1	-4	-2	-9
Finanční náročnost	0,1	-2	-1	-6
Technologické parametry	0,3	5	-10	7
Předpokládaná změna pracnosti po optimalizaci	0,5	6	10	-6
Bodů celkem	1	3,9	1,7	-2,4

Varianta číslo 1 – Změna směru ohýbání h-profilu vychází z hodnocených variant nejvýhodněji. Sníží se tím pracnost operace. Druhou pozitivní změnou je možnost opravy ohýbaných rozměrů v případě, že nastane chyba lidského zdroje. Opravitelnost je klíčový faktor pro snížení zmetkovitosti. Jedná se o aplikaci metody DFMA.

Pracnosti by nejvíce ulehčilo odstranění kartáče. To však není z technologických podmínek možné. Tím by došlo ke zvýšené prašnosti při provozu stroje, což není přípustné. Celková změna konstrukce krytu nástroje s jiným mechanismem, který by zabraňoval prašnosti při provozu není ekonomicky výhodná. Více součástí uvažovaného nového krytu nástroje například s vodním skrápěním by také zvýšilo pracnost celé sestavy.

Třetím bodem vybraným k optimalizaci je zaměřovací pás krytu nástroje. Kritéria jsou znovu ohodnocena dle předchozího modelu viz tabulka níže.

Tabulka 3: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – zaměřovací pás

Kryt nástroje – zaměřovací pás	Váhy	V1 – Změna polohy děr	V2 – Odstranění pásu zaměřovače	V3 – Změna tvaru pásu, značení směru
Časová náročnost	0,1	-2	-1	-4
Finanční náročnost	0,1	-2	-1	-2
Technologické parametry	0,3	0	-6	0
Předpokládaná změna pracnosti po optimalizaci	0,5	5	10	1
Bodů celkem	1	2,2	3	-0,1

Zde jsem vybral variantu, ve které následně upravím polohy děr na výpalku pláště krytu a zaměřovacího pásu tak, aby byla umožněna montáž z obou stran. Tímto bude zaručena zaměnitelnost a dojde ke snížení požadavků na koncentraci pracovníka při montáži. Aplikací metody Poka-Yoke nebude v důsledku potřeba opravovat neshodně smontované díly odvrtáním nýtů, a tak se předejde plýtvání víceprací.

Varianta 2 negativně ovlivní technologické parametry tím, že obsluha stroje nebude mít dostatečné informace, v jakém místě je nástroj upnutý. Mohlo by tak dojít k neúmyslnému ohrožení při provozu stroje. Ačkoliv z vícekriteriální analýzy vyplývá druhá varianta nejvýhodněji, po zvážení možných rizik je nepřijatelná.

Třetí varianta (umístění indikátoru směru) mírně sníží pracnost, ale pracovník je nucen stále vizuálně zkontrolovat správnou polohu pásu.

Posledním vybraným bodem je operace montáže kolečka krytu nástroje. Jedná se o levé kolečko, které je umístěno dále od samotného krytu na přivařeném nosníku. Ohodnocená kritéria lze vidět v příložené tabulce.

Tabulka 4: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – kolečko

Kryt nástroje – kolečko	Váhy	V1 – Změna tvaru otvoru pro šroub	V2 – Odstranění kolečka	V3 – Změna technologického postupu svařování
Časová náročnost	0,1	-2	-1	-4
Finanční náročnost	0,1	-1	-1	-3
Technologické parametry	0,3	9	-8	3
Předpokládaná změna pracnosti po optimalizaci	0,5	9	10	10
Bodů celkem	1	6,9	2,4	5,2

Nejvhodnější variantu volím změnu tvaru otvoru pro šroub kolečka. Tím bude zajištěn požadavek odvalování kolečka nezávisle na přesnosti svařence krytu. Drobné nerovnosti neovlivňují funkčnost krytu. Kompenzační prostor, ve kterém lze mírné nepřesnosti vyrovnat zcela odpovídají požadavkům. Zde přistupuji k optimalizaci metodou DFMA.

Odstraněním kolečka bych eliminoval pracnost jeho montáže na minimum, avšak právě pro již zmiňovanou manipulaci je jeho přítomnost nezbytná. Změna technologického postupu, spočívající ve vytvoření nového přípravku pro svařování se ekonomicky nevyplatí.

5.2. Optimalizovaný montážní postup

Odsouhlasené změny jsem zaznamenal také do mnou vytvořeného montážního postupu. Revize je v procesu implementace do výrobního procesu. Na dalších stránkách jsou popsány dosažené změny. Pro názornost jsem na přiložených snímcích označil konkrétní změny.

5.2.1. Revize operace 4.4 - Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás

Nově není potřeba zkoumat směr pásu, jakým je přikládán ke svařenci. Díry v něm jsou symetrické. Současně také došlo ke změně polohy děr ve výpalku krytu tak, aby vzájemně lícovaly.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.4	Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás	<ul style="list-style-type: none">Nýt trhací s plochou hlavou D3x8 (4x)Zaměřovací pás D200mmNýťovací kleště	<ul style="list-style-type: none">Přinýťovat zaměřovací pásPás je OBOUSTRANNÝ

Obrázek 32: Revize montážního postupu – operace 4.4

Pracovník montáže má nyní usnadněnou činnost nýťování zaměřovacího pásu.

5.2.2. Revize operace 4.5 - Montáž krytu nástroje – kartáč

Kartáč je nyní ohýbán na druhou stranu. Dochází tak k zalomení na kratší straně h-profilu a vytvoření přesnějšího úhlu. Hliníkový profil není v rozích pěchován. Při špatném zaměření délky strany ho lze jednoduše narovnat a ohyb opakovat.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.5	Montáž krytu nástroje - prachovka	<ul style="list-style-type: none">Kartáč krytu nástrojeKladivoÚhlová bruska (řezací kotouč)	<ul style="list-style-type: none">Uříznout kartáč z metráže (570 mm)Ohnout ve svěráku pomocí kladivaDelší strana h-profilu uvnitřVyříznout otvor dle díry pro odsávání

Obrázek 33: Revize montážního postupu – operace 4.5

V důsledku změny směru ohýbání již není možné umístit kartáč do stejné polohy. Poloha děr na výpalcích krytu nástroje pro přinýtování profilu je posunuta o 7 mm blíže dolnímu okraji. Posunutím celé prachovky je zaručen větší kontakt kartáče s řezaným povrchem, a tak by se v praxi měla snížit i prašnost za provozu stroje. To je však pouhou domněnkou a správnost úvahy bude potřeba ověřit dalším zkoumáním.

5.2.3.Revize operace 4.7 - Montáž krytu nástroje – kolečka

Změnou tvaru výpalku na krytu nástroje vznikl manipulační prostor, ve kterém lze nastavit výšku kolečka na každém stroji individuálně. Otvor pro šroub není kulatý, ale ovalný. Poloha osy kolečka je zajištěna dotažením šroubu. Tomu napomáhá také náklon drážky.

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.7	Montáž krytu nástroje - kolečka	<ul style="list-style-type: none"> • Kolo pojezdové Navrátil Elastic 2000 • Šroub předního poj. kola M12x80 • Matice šestihranná samojistná M12 • Podložka plochá M12 (2x) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zasadit kolo (k madlu) do patek šroubem a maticí s podložkami, tak aby bylo volně otočné - Nastavit polohu kolečka v drážce, aby se obě otáčela stejně - V případě potřeby doplnit podložky, aby kolo nebylo příliš volné

Obrázek 34: Revize montážního postupu – operace 4.7

Tento efekt bude mít také za důsledek snížení množství reklamací. Doposud se stávalo, že vnitřní pnutí od svarů vrátilo konstrukci do nechtěné polohy a zákazníkovi se tak mohl kryt opět zkřivit. Nyní si může dodatečně každý operátor upravit polohu kolečka dle vlastního uvážení.

5.2.4.Revize operace 8.8 - Montáž pojezdových koleček

Po změně výkresové dokumentace již nebude nutné brousit plochy pod ložisky. Samotné sestavení strojní skupiny bude snazší a rychlejší.

Název činnosti: Montáž RK – 10 - rám

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
8.8	Montáž pojezdových koleček	<ul style="list-style-type: none">• Kolo pojezdové• Šroub se šestihrannou hlavou M10x30 -8.8• Matice šestihranná nízká M10 + podložky• Hřídel zadního kola D180mm• Smirkový papír• Vazelína• Závitník M10	<p>— Zabrúsit na hřídeli zadního kola plochy pod ložisky</p> <ul style="list-style-type: none">- Namazat ložiska i hřídel vazelínou- Vložit hřídel do kola- Očistit závit na hřídeli závitníkem- Nasadit hřídel kola na rám stroje- Zajistit šroubem M10 a pojistnou maticí

Obrázek 35: Revize montážního postupu – operace 8.8

Redukcí pracnosti se tak sníží náklady na výrobu celé dávky. Podrobněji rozepsaný odhad úspor na výrobní dávku je sestaven v další kapitole.

Zavedení změn je vždy potřeba uvést v používané dokumentaci. Písemným podložením aktualizací nedojde ke komunikačnímu šumu mezi kolegy. K rychlejší adaptaci pracovníků na nový postup může pomoci bližší školení od vedoucích zaměstnanců. Odůvodněné změny jsou pak snadněji přijímány.

6. Zhodnocení návrhu

V této kapitole zhodnotím mnou navržené změny z předchozí kapitoly. Pro kvantifikaci využiji výpočet pracnosti celého stroje RK – 10. Následně provedu přibližnou kalkulaci úspor nákladů na dopravu a na zaměstnance zabývajících se opravami dílů.

$$p = \frac{\text{pracnost starého výrobku}}{\text{pracnost nového výrobku}} = \frac{420}{395} = 1,063$$

Vlivem konstrukčních a technologických úprav se pracnost montáže jednoho stroje snížila ze 420 minut na 395 minut. Časová náročnost montáže jedné výrobní dávky se snížila více než o 4 hodiny práce.

Nový návrh redukuje možné reklamace na křivost krytu nástroje na minimum. Přídavné kolečko lze nastavit dle individuálních požadavků.

Změnou výkresové dokumentace zinkovaných dílů došlo k eliminaci plýtvání formou vícepráce. Montážní dělník tak již není nucen dlouho upravovat průměry vyráběných součástí. Došlo také k redukci nákladů na zaměstnance výroby, který se věnoval složitějším opravám na soustruhu. Přibližnou kalkulaci uvádím v následující tabulce.

Tabulka 5: Předpokládané úspory na výrobní dávku

Název činnosti	Úspora / výr. dávka [Kč]
Doprava (montáž-výroba-montáž)	640,-
Opravné práce 1 typ součásti v dávce	1000,-
Náklady obětované příležitosti	1000,-
Celkem	2640,-

Úspora nákladů na opravu jednoho typu součásti činí 2640,- Kč ve výrobní dávce. V přepočtu na 1 stroj to představuje 1 % celkových výrobních nákladů vybraného představitele. Za rok 2021 by suma úspor činila 20590,-Kč. Za rok 2022 by společnost ušetřila až 21900,-Kč. Úspora na dopravě zahrnuje cenu pohonných hmot a náklady na řidiče. Opravné práce včetně přípravných časů trvají 2 hodiny. Náklady obětované příležitosti reprezentují ušlý zisk narušením další výroby. Opravy předešlé zakázky tak negativně ovlivňují výrobní proces nové výrobní dávky.

7. Závěr

Bakalářská práce byla vypracována ve spolupráci s firmou Huddy Diamonds s.r.o., která se věnuje výrobě a distribuci malé stavební mechanizace a diamantových nástrojů.

Úvodem byly definovány základní pojmy výrobní systém, výrobní proces, výrobní postup a technologičnost konstrukce. Také byly popsány druhy montáže dle tří kritérií. Následná rešerše problematiky optimalizace výrobních procesů, byla zaměřena na téma štíhlé výroby a principy, kterými se zabývá. Vybrané čtyři konkrétní metody optimalizace (DFMA, 3P, 5S a Poka-Yoke), byly poté konkretizovány.

Ve čtvrté kapitole, po představení podniku, byl určen vhodný představitel z produktového portfolia pomocí P-Q diagramu. Na základě nabitých zkušeností byl zhotoven montážní postup, ze kterého byly poté vyselektovány problematické operace. Ty byly podrobeny bližšímu zkoumání. Stanovení nápravných opatření bylo podloženo metodou vícekritériálního rozhodování.

Na závěr byla stanovena přibližná kalkulace odhadovaných úspor. Montážní proces jedné výrobní dávky se podařilo zkrátit o 4 hodiny a náklady na opravné práce ve výrobní dávce se podařilo snížit o 2640 Kč. Celkové výrobní náklady na jeden kus stroje RK-10 tak klesnou o 1 %.

Zadání bakalářské práce bylo splněno ve všech bodech. Navržené změny dle kalkulací vedou k úspoře nákladů a snížení pracnosti. Vytvořené a revidované montážní postupy stanovují výrobní standard. Navíc mohou sloužit jako podpůrný materiál při zaškolení nových pracovníků a tím je podpořen další rozvoj podniku.

Bibliografie

- [1] KMEC, Ján, Daniel KUČERKA a Markéta POPÍLKOVÁ. *Výrobní proces* [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/do/vste/ustav__podnikove__strategie/student/studijni__materialy/studijni__opory__ekonomika__podniku/Vyrobní__proces.pdf. Studijní opora. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích.
- [2] MACÍK, Karel. *Kalkulace a rozpočetnictví*. Vyd. 3.,přepřac. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03926-7.
- [3] KYNCL, Jiří. *Projektování výrobních procesů - přednášky*. Praha, 2023. Studijní podklady.
- [4] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Technologie obrábění v příkladech* [online]. První. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2013 [cit. 2023-01-31]. ISBN 978-80-248-3014-8. Dostupné z: https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY__01__003/Technologie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech/03%20Text%20pro%20e-learning/Technologie%20obrabeni%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech%2002%20V%C3%9DROBN%C3%8D%20%20POSTUPY.pdf
- [5] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-010-1302-2.
- [6] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. První. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [7] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montáží* [online]. První. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2011 [cit. 2023-01-31]. ISBN 978-80-248-2707-0. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2707-0.pdf>

- [8] MÁDL, Jan. *Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03288-4.
- [9] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3.vydání. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 978-807-0828-236.
- [10] KOVÁŘ, Šimon. *Technologičnost konstrukcí a technická příprava výroby* [online]. Liberec, 2020 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://elearning.tul.cz/local/tul_login/index.php?errorcode=4. Studijní podklady. Technická univerzita Liberec.
- [11] BÉKÉS, J. a I. ANDONOV. *Analýza a syntéza strojárských objektov a procesov*. 1. vydanie. Bratislava: Alfa, 1986, 376 s.
- [12] *Lean thinking* [online]. San Francisco: Simplilearn, 2023 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/lean-thinking-article>
- [13] KERŤKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2.vydání. Praha: Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-119-2.
- [14] WOMACK, James P. a Daniel T. JONES. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* [online]. 2.vydání. New York: Free press, Simon & Schuster, 2003 [cit. 2023-02-12]. ISBN 0-7432-4927-5. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/200657172__Lean__Thinking__Banish__Waste__and__Create__Wealth__in__Your__Corporation
- [15] *3P – Production Preparation Process* [online]. e-api.cz, 2023 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- [16] PROF. ING. VANĚČEK, Drahoš a CSc. Ing. Roman KUBÍČEK. *Proces „Lean manufacturing“ ve výrobním provozu firmy*. České Budějovice, 2008. Studijní podklady. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- [17] ANTONELLI, D. a D. STANDICKA. Classification and efficiency estimation of mistake proofing solutions by Fuzzy Inference. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2016, **49**(12), 1134-1139 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316309247?via%3Dihub>

- [18] *Poka-Yoke, vizualizace....* [online]. Praha: lean6sigma.cz, 2023 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/poka-yoke-vizualizace/>
- [19] *Jednotlivé metody a nástroje (A - CH): 3P – Production Preparation Process* [online]. Slaný: www.e-api.cz, ©2005-2022 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- [20] *Metoda 5S Kaizen a Lean Management* [online]. Ottenhöfen: sixsigmablackbelt.de, 2023 [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.sixsigmablackbelt.de/5s-methode/>
- [21] *5S Lean Methodology: Systems & Principles - Training & Research Page* [online]. Beaverton: Creative safety supply, 2007 [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.creativesafetysupply.com/content/education-research/5S/index.html>
- [22] *What is 5S?* [online]. Beaverton: 5stoday.com, 2023 [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- [23] BURIETA, Ján. *5S, 6S, nebo dokonce 7S* [online]. Prostějov: Svět produktivity, 2012 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>
- [24] MESA, Jaime, Heriberto MAURY, René ARRIETA, Lesmes CORREDOR a Jorge BRIS. A novel approach to include sustainability concepts in classical DFMA methodology for sheet metal enclosure devices. *Research in Engineering Design* [online]. 2018, **29**, 227-244 [cit. 2023-04-30]. ISSN 1435-6066. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s00163-017-0265-4>
- [25] *DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)* [online]. Annency: wevalgo.com, © 2017-2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.wevalgo.com/know-how/r-n-d/dfma>
- [26] KORVINY, Petr. *Teoretické základy vícekriteriálního rozhodování* [online]. In: . [cit. 2023-06-19]. Dostupné z: https://korviny.cz/Korviny/soubory/teorie_mca.pdf

- [27] JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4370-9.
- [28] DUKÁT, Martin. *Analýza procesu výroby řezače spár*. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Jiří Kyncl.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vícekriteriální rozhodování pro zinkované součástky	52
Tabulka 2: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – prachovka.....	53
Tabulka 3: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – zaměřovací pás....	54
Tabulka 4: Vícekriteriální rozhodování pro kryt nástroje – kolečko	55
Tabulka 5: Předpokládané úspory na výrobní dávku	59

Seznam rovnic

Rovnice 1: Rovnice pracnosti výroby.....	39
--	----

Seznam obrázků

Obrázek 1: Výrobní faktory [2]	11
Obrázek 2: Výrobní systém [3]	12
Obrázek 3: Členění technologického postupu [4]	13
Obrázek 4: Rozvětvené technologické schéma montáže [7].....	15
Obrázek 5: Dělení montáže [8]	16
Obrázek 6: Soustředěná montáž [6]	18
Obrázek 7: Rozčleněná montáž [6].....	18
Obrázek 8: Předmětná montáž [6].....	19
Obrázek 9: Linková montáž [6]	19
Obrázek 10: Proudová montáž [6]	20
Obrázek 11: Diagram postupu řešení konstrukční úlohy [11]	22
Obrázek 12: Systém technické přípravy výroby (TPV) [11]	23
Obrázek 13: Subsystem TPV – návrh technologie [11]	23
Obrázek 14: Principy štíhlé výroby [13].....	25
Obrázek 15: Princip zamezení plýtvání [14]	27
Obrázek 16: Zaměření na podstatné aktivity [16]	30
Obrázek 17: Aplikace metody Poka-yoke [18].....	31
Obrázek 18: Metoda 5S [20].....	33
Obrázek 19: Srovnání stavu skladu před a po implementaci metody 5S [21]	34
Obrázek 20: Principy metody DFMA [24]	36
Obrázek 21: Obecná pravidla vícekritériálního rozhodování [26]	38
Obrázek 22: Faktory ovlivňující pracnost výroby [27]	39
Obrázek 23: P-Q diagram s hlubokou křivkou [3]	40
Obrázek 24: P-Q diagram s mělkou křivkou [3]	41
Obrázek 25: Výrobní program společnosti Huddy Diamonds	42
Obrázek 26: P-Q diagram prodaných strojů za roky 2021-2022.....	43
Obrázek 27: Stávající průběžná doba výroby [28].....	44
Obrázek 28: Montážní postup – operace 4.4	47
Obrázek 29: Montážní postup – operace 4.5	48
Obrázek 30: Montážní postup – operace 4.7	49
Obrázek 31: Montážní postup – operace 8.8	50

Obrázek 32: Revize montážního postupu – operace 4.4	56
Obrázek 33: Revize montážního postupu – operace 4.5	56
Obrázek 34: Revize montážního postupu – operace 4.7	57
Obrázek 35: Revize montážního postupu – operace 8.8	58

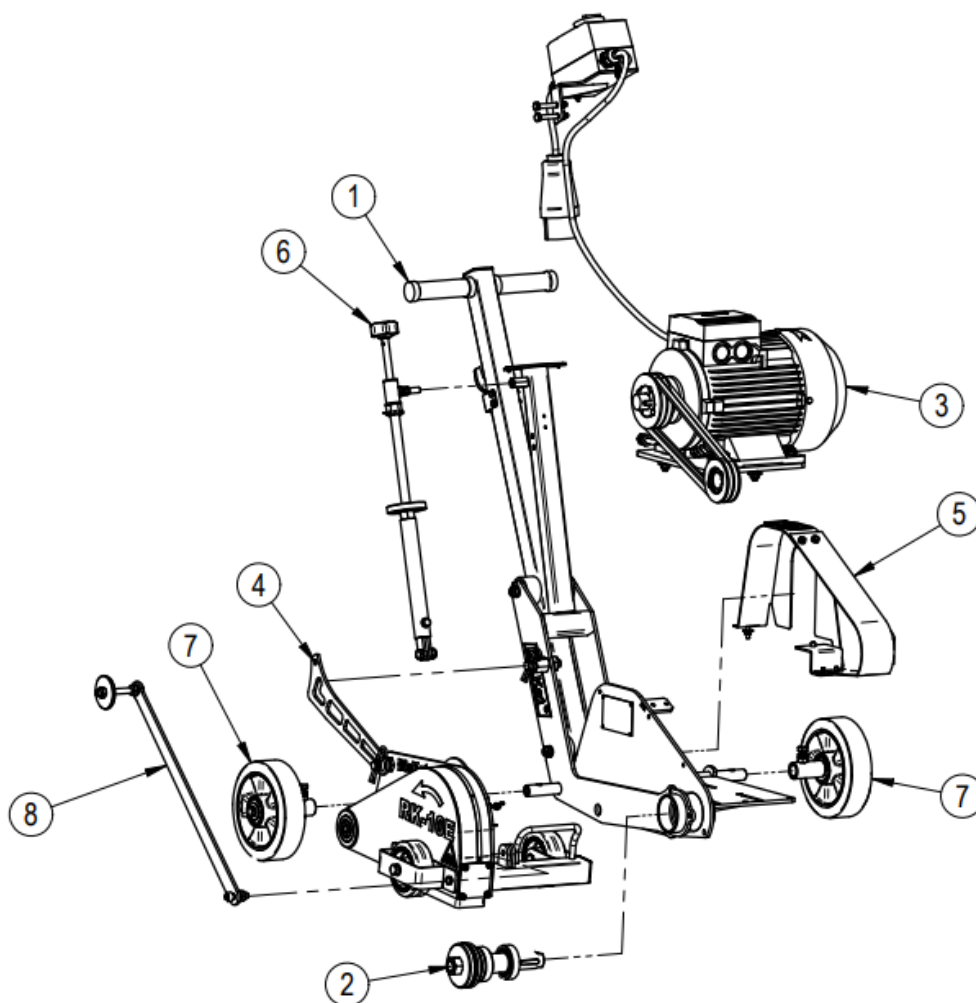
Seznam příloh

Příloha 1: Rozpad strojních skupin řezače spár RK-10

Příloha 2: Montážní postup řezače spár RK-10

Příloha 1: Rozpad strojních skupin řezače spár RK-10

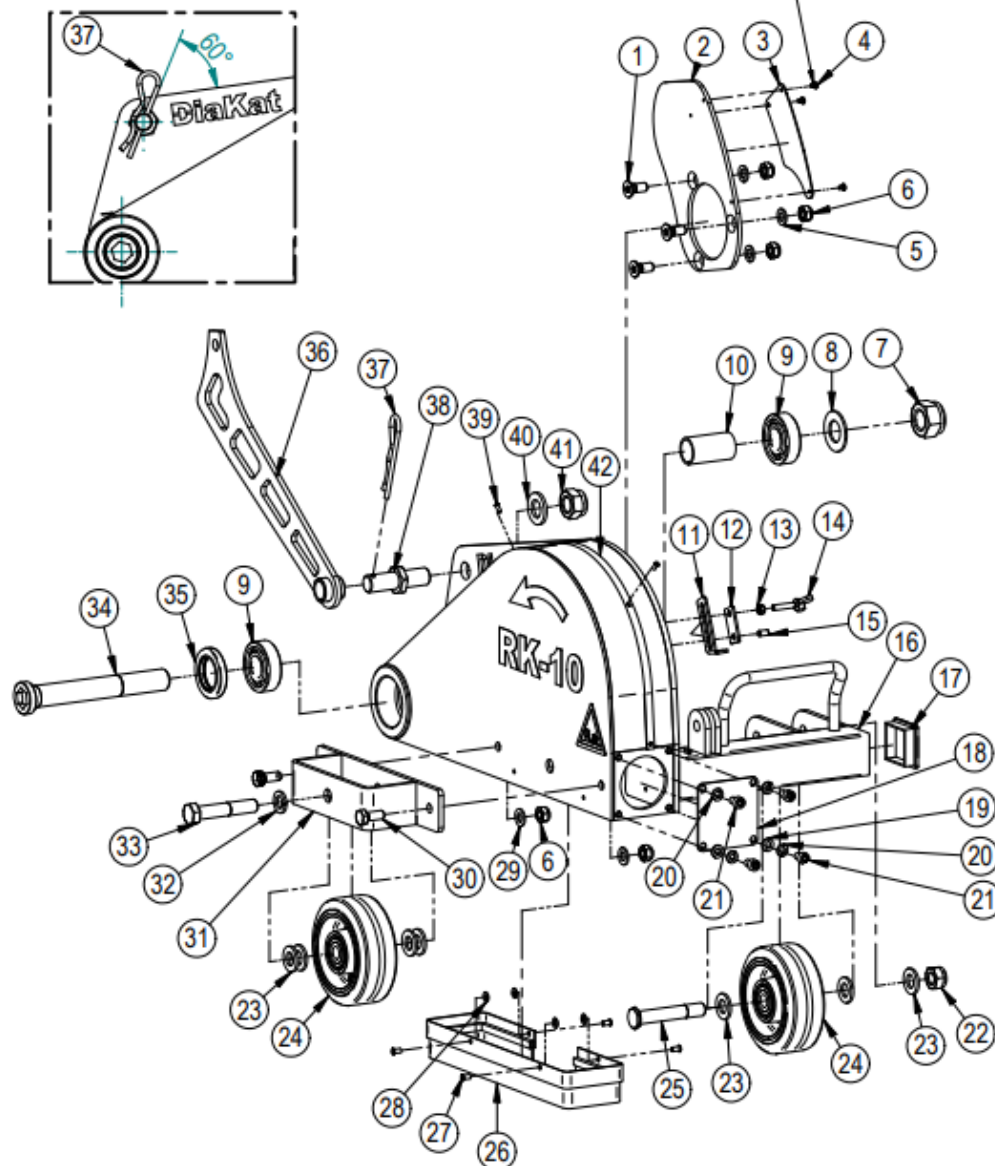
DiaKat®	Strojní skupiny stroje	RK-10
Číslo výkresu RK10-00-00-A2.00	Název stroje Řezač spár 4.0kW, 400V	Registrační číslo 600 024
Revize R01.161215	Popis modifikace Základní varianta	Číslo modifikace
Datum vydání 23.3.2017		Strana 3 / 3



DiaKat [®]	ROZPAD Strojní skupiny	RK-10
Číslo výkresu RK10-00-04-10.00	Název strojní skupiny KRYT NÁSTROJE D200mm	Registrační číslo 700 06S410
Revize R01.160822		Číslo skupiny 04-10.00
Datum vydání 13.12.2016		

POLOHA ČEPU, ZÁVLAČKY

ŠROUBY poz. 4
LEPIT - LOCTITE 243



Příloha 2: Montážní postup řezače spár RK-10

Název činnosti: Montáž RK – 10 – říditka

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
1.1	Montáž říditek	<ul style="list-style-type: none"> Rukojeť říditek ČERNÁ (2x) Říditka Zátka jeklu – černá (1x) 	<ul style="list-style-type: none"> Nasadit gumové rukojetě na říditka (použít jarovou vodu) Nasadit zátku jeklu
1.2	Montáž říditek	<ul style="list-style-type: none"> Říditka Silentbloky D50x30-M10x25 (4x) Flexa Závítník M10 	<ul style="list-style-type: none"> Zkrátit z jedné strany u dvou silentbloků šroub (nechat 5 mm závit) Očistit závítníkem závit od barvy Našroubovat silentbloky
1.3	Montáž říditek – držák klíčů	<ul style="list-style-type: none"> Držák klíčů Šroub s šestihrannou hlavou M6x55 (2x) Podložka plochá M6 (4x) Matice šestihranná samojistná M6 (2x) 	<ul style="list-style-type: none"> Přišroubovat držák klíčů k rámu (podložky pod šroub i pod matici)

Název činnosti: Montáž RK – 10 - rychlozdvih

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
2.1	Montáž rychlozdvihu	<ul style="list-style-type: none"> Závitová tyč rychlozdvihu M16x450 Matice korunová M16 Trubka rychlozdvihu Aretační matice rychlozdvihu D70x12 Závlačka 4x12 Vazelína 	<ul style="list-style-type: none"> Očistit závit okolo díry bruskou Namazat závit vazelínou Našroubovat aretační matici a trubku rychlozdvihu Zajistit korunovou maticí a závlačkou

Název činnosti: Montáž RK – 10 – štítek do řezu

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
3.1	Montáž štítku do řezu	<ul style="list-style-type: none"> Štít krytu nástroje Stupnice Šroub s válcovou hlavou zaoblenou (3x) Lepidlo Loctite 243 	<ul style="list-style-type: none"> Vrtat Ø 2 (3x) Vyřezat závit M3 (3x) Zakápnout závit na šroubech lepidlem Přišroubovat ocejchovanou stupnici k výpalku

Název činnosti: Montáž RK – 10 – kryt nástroje

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
4.1	Montáž krytu nástroje	<ul style="list-style-type: none"> Vrtačka Závítník M5 Závítník M6 Vrták Ø 3 Gumová palice 	<ul style="list-style-type: none"> Srovnat patky gumovou palicí (více rozevřené) Očistit 4x díry Ø 3 po obvodu vrtačkou Očistit závit M5 (na boku pro křídlatý šroub pro ukazatel) Očistit závit M6 (pro koleno odsávání)
4.2	Montáž krytu nástroje	<ul style="list-style-type: none"> Lamelák Ložisko 6204 2RS (2x) Rozpěrná trubka 25x2x - 45,4 Gufero Vazelína 	<ul style="list-style-type: none"> Očistit plochy pro ložiska od barvy Namazat plochy pod ložiska vazelínou (uvnitř i vně rozpěrné trubky – kvůli rzi) Vložit ložiska s rozpěrnou trubkou a gufero
4.3	Montáž krytu nástroje – střížka ukazatele	<ul style="list-style-type: none"> Střížka ukazatele T 2mm Podložka ukazatele T 2mm Matice šestihranná samojistná M5 Šroub křídlatý M5x25 Kolík pružný D5x20 	<ul style="list-style-type: none"> Střížku ukazatele upnout do svěráku a více ji přihnout Zakrýt polovinu střížky páskou a nalakovat špičku střížky černou barvou Přišroubovat střížku ukazatele ke krytu nástroje pomocí křídlaté matice a podložky ukazatele Zajistit podložku ukazatele pružným kolíkem
4.4	Montáž krytu nástroje – zaměřovací pás	<ul style="list-style-type: none"> Nýt trhací s plochou hlavou D3x8 (4x) Zaměřovací pás D200mm Nýťovací kleště 	<ul style="list-style-type: none"> Přinýťovat zaměřovací pás (pozor z jaké strany - díry nejsou symetricky)
4.5	Montáž krytu nástroje - prachovka	<ul style="list-style-type: none"> Kartáč krytu nástroje Kladivo Úhlová bruska (řezací kotouč) 	<ul style="list-style-type: none"> Uříznout kartáč z metráže (570 mm) Ohnout ve svěráku pomocí kladiva Vyříznout otvor dle díry pro odsávání
4.6	Montáž krytu nástroje - prachovka	<ul style="list-style-type: none"> Vrtačka Vrták Ø 4 mm Nýt trhací D4x8 (4x) Nýťovací kleště Úhlová bruska (řezací kotouč, brusný kotouč) 	<ul style="list-style-type: none"> Zahloubit díry pro nýty Provrtat kartáč skrz kryt (přidržet, aby byly díry přesné) Uchytit kartáč na 1 nýt, pak pokračovat s vrtáním – zajištění polohy Přinýťovat všechny 4 nýty Zaříznout kartáč a zabrousit hrany
4.7	Montáž krytu nástroje - kolečka	<ul style="list-style-type: none"> Kolo pojezdové Navrátil Elastic 2000 Šroub předního poj. kola M12x80 Matice šestihranná samojistná M12 Podložka plochá M12 (2x) 	<ul style="list-style-type: none"> Zasadit kolo (k madlu) do patek šroubem a maticí s podložkami, tak aby bylo volně otočné V případě potřeby doplnit podložky, aby kolo nebylo příliš volné

4.8	Montáž krytu nástroje - kolečka	<ul style="list-style-type: none"> • Kolo pojezdové Navrátil Elastic 2000 • Matice šestihranná samojistná M12 • Podložka plochá M12 (1-4x) • Podložka pérová M12 • Šroub se šestihrannou hlavou M12x65 -8.8 	<ul style="list-style-type: none"> - Přichytit pojezdové kolo do držáku pomocí šroubu a pérové podložky - Vymezit v držáku podložkami tak, aby bylo volně otočné a nedřelo – závisí na každém svařenci)
4.9	Montáž krytu nástroje – držák kolečka	<ul style="list-style-type: none"> • Držák předního kola • Šroub s šestihrannou hlavou M8x20 (2x) • Podložka plochá M8 	<ul style="list-style-type: none"> - Přišroubovat držák předního kola (pozor na orientaci držáku – výkusy dolů)
4.10	Montáž příruby odsávání a zátky jeklu	<ul style="list-style-type: none"> • Příruba odsávání • Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem (4x) • Podložka pérová M6 (4x) • Podložka plochá M6 (4x) • Zátka jeklu 40x40 	<ul style="list-style-type: none"> - Přišroubovat přírubu odsávání ke krytu - Nasadit zátku jeklu

Název činnosti: Montáž RK – 10 - pohon

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
5.1.	Osazení spalovacího motoru na základní desku	<ul style="list-style-type: none"> • Základní deska spalovacího motoru • Šroub se zápusnou hlavou s vnitř. šestihranem M8x40 (4x) • Matice samojistná šestihranná M8 (4x) • Podložka plochá M8 (4x) • Motor Honda 	<ul style="list-style-type: none"> - Uchytit základní desku k motoru pomocí šroubů, podložek a matic
5.2	Montáž řemenice	<ul style="list-style-type: none"> • Řemenice pro TL SPZ075x2 • Řemenice pro TL SPZ095x2 • Řemen klínový AVX 10 813 La (2x) • Pero těsné 8h9x7x36 • Pero těsné 8h9x7x40 	<ul style="list-style-type: none"> - Nasadit těsná pera na hřídele - Opatrně naklepat litinové řemenice na hřídele s nasazeným řemenem
5.3	Osazení motoru a napnutí řemenů	<ul style="list-style-type: none"> • Měrka 	<ul style="list-style-type: none"> - Zarovnat řemenice tak, aby byl řemen rovnoběžně s rámem (vzdálenost řemenu od rámu měřit pomocí měrky)
5.4	Osazení pohonu	<ul style="list-style-type: none"> • Matice šestihranná samojistná M8 (4x) • Podložka plochá L M8 (4x) • Matice šestihranná M10 • Podložka plochá M10 	<ul style="list-style-type: none"> - Napnout řemen pomocí napínacího šroubu M10 a podložky (průhyb řemenu cca 1 cm) - Zajistit motor k desce

Název činnosti: Montáž RK – 10 – zaměřovač řezu

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
6.1	Montáž zaměřovače řezu	<ul style="list-style-type: none"> Pravítko zaměřovače řezu Vodící kolo zaměřovače řezu Maticе šestihřanná samojistná M10 (3x) Podložka plochá M10 Šroub s šestihřannou hlavou M10x90 	<ul style="list-style-type: none"> Zajistit šroub s šestihřannou hlavou na pravítko zaměřovače Našroubovat vodící kolo zaměřovače a zajistit ho v ose vodícího pásku krytu nástroje
6.2	Montáž zaměřovače řezu	<ul style="list-style-type: none"> Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihřanem M10x35 Maticе šestihřanná samojistná M10 Podložka plochá M10 	<ul style="list-style-type: none"> Přišroubovat zaměřovač ke krytu nástroje (Přimontovat ho až nakonec, nepřekáží pak při manipulaci)

Název činnosti: Montáž RK – 10 – krytu řemenů, polepy

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
7.1	Montáž krytu řemenu	<ul style="list-style-type: none"> Kryt řemenu přední Kryt hřídele Maticе samojistná M4 (4x) Šroub se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihřanem M4x10 (4x) 	<ul style="list-style-type: none"> Přišroubovat kryt hřídele na přední kryt řemenu
7.2	Polepy - kryt	<ul style="list-style-type: none"> Samolepky (kniha, sluchátka, brýle, maska) Kryt řemenů zadní 	<ul style="list-style-type: none"> Odmastit plochu lihem a nalepit samolepky (shora - kniha, sluchátka, brýle, maska)
7.3	Montáž krytu řemenů	<ul style="list-style-type: none"> Kryt řemenu přední Kryt řemenu zadní Podložka plochá M6 (3x) Podložka pérová M6 (2x) Šroub se šestihřannou hlavou M6x12 (2x) Maticе samojistná šestihřanná M6 (2x) Podložka plochá L M6 Šroub se šestihřannou hlavou M6x25 	<ul style="list-style-type: none"> Sesadit kryty k sobě Přišroubovat přední a zadní kryt (shora) Přišroubovat zadní kryt k rámu (dlouhý nástavec na vrtačku)
7.4	Montáž krytu řemenů	<ul style="list-style-type: none"> Upínací podložka Krytu řemenu Podložka vějířová V M6 (2x) Šroub se šestihřannou hlavou M8x12 Šroub se zápusťnou hlavou M6x12 (2x) Podložka pérová M8 Maticе šestihřanná samojistná M6 Podložka plochá M6 Šroub se šestihřannou hlavou M6x16 	<ul style="list-style-type: none"> Přišroubovat upínací podložku krytu řemenů Přišroubovat přední a zadní kryt (z boku)

7.5	Polepy - rám	<ul style="list-style-type: none"> • Láh • Samolepky (diakat - velká, diakat - malá) 	<ul style="list-style-type: none"> - Odmastit plochu lihem a nalepit samolepky (od motoru - diakat velká, od rychlozdvihu – diakat malá)
------------	---------------------	--	---

Název činnosti: Montáž RK – 10 - rám

Číslo operace	Název operace	Materiál a nářadí	Popis operace
8.1	Příprava ploch pro ložiska	<ul style="list-style-type: none"> • Vrtačka • Stopkový lamelový kotouč 	<ul style="list-style-type: none"> - Zaleštit místa pro ložiska lamelovou bruskou od barvy – raději méně, aby ložisko drželo - Vypláchnout špony lihem a očistit - Záslepky z lakovny uschovat pro další použití
8.2	Příprava ploch pro kolečka	<ul style="list-style-type: none"> • Smirkový papír • Barva 7001 (šedá) 	<ul style="list-style-type: none"> - Očistit zatekliny a nastříkat hřidel tak, aby po nasazení koleček nebyl vidět surový kov (záleží na typu koleček)
8.3	Očištění závitů a děr	<ul style="list-style-type: none"> • Vrtačka • Závitník M6, M8 	<ul style="list-style-type: none"> - Očistit závit na desce 1x M8 - Očistit závity na patkách 4x M6
8.4	Zahloubení děr	<ul style="list-style-type: none"> • Vrtačka • Vrták Ø 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Zahloubit díry (u ložiska) do hloubky cca 1 mm (3x)
8.5	Očištění závitů a děr	<ul style="list-style-type: none"> • Vrtačka • Fréza Ø 20 mm • Vrták Ø 3 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Frézovat otvor pro šroub uchycení krytu Ø 20 mm (někdy není nutné – vyzkoušet zda tam šroub jde bez frézování) - Vrtat 4x díry Ø 3 mm pro uchycení štítku stroje
8.6	Očištění závitů a děr	<ul style="list-style-type: none"> • Vrtačka • Závitník M10 • Vrták Ø 3 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Očistit závit M10 v šestihranu - Očistit díry Ø 3 mm (pro uchycení štítku)
8.7	Montáž štítků	<ul style="list-style-type: none"> • Štítky (identifikační, do řezu) • Nýtovací kleště • Nýt trhací s plochou hlavou D3x8 (6x) 	<ul style="list-style-type: none"> - Přinýtovat štítek s vyraženým číslem stroje a rokem výroby - Přinýtovat štítek do řezu (jazyk dle objednávky)
8.8	Montáž pojezdových koleček	<ul style="list-style-type: none"> • Kolo pojezdové • Šroub se šestihrannou hlavou M10x30 -8.8 • Maticе šestihranná nízká M10 + podložky • Hřidel zadního kola D180mm • Smirkový papír • Vazelína • Závitník M10 	<ul style="list-style-type: none"> - Zabrousit na hřideli zadního kola plochy pod ložiska - Namazat ložiska i hřidel vazelínou - Vložit hřidel do kola - Očistit závit na hřideli závitníkem - Nasadit hřidel kola na rám stroje - Zajistit šroubem M10 a pojistnou maticí
8.9	Montáž koleček	<ul style="list-style-type: none"> • Podložka plochá L M10 • Podložka pérová M10 • Maticе s šestihrannou hlavou M10 	<ul style="list-style-type: none"> - Zajistit kolo podložkou a šroubem s šestihrannou hlavou M10

8.10	Montáž čepu rychlozdvíhu	<ul style="list-style-type: none"> • Čep rychlozdvíhu 6HR24 -66 • Závažka pružinová jednoduchá 4x60 • Podložka plochá M16 • Matice šestihranná samojistná M16 	<ul style="list-style-type: none"> - Čep vložit do rámu a pomocí matice a podložky ho dotáhnout tak, aby byla díra pro závažku pod úhlem 60° dle výkresu
8.11	Montáž řídítek – do rámu	<ul style="list-style-type: none"> • Matice šestihranná samojistná M10 (4x) • Podložka plochá M10 (4x) • Gumová palice • Flexa 	<ul style="list-style-type: none"> - Nasadit řídítka se silentbloky do rámu (dle potřeby doklepat gumovou palicí) - Podložky + matice dotáhnout klíčem - Zbytek šroubu uříznout flexou
8.12	Montáž rychlozdvíhu	<ul style="list-style-type: none"> • Vodící trubka rychlozdvíhu • Pružina tlačná • Pouzdro rychlozdvíhu • Šroub ovládací pětícípý • Podložka plochá M8 • Kolík pružný D4x12 • Kladivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Našroubovat vodící trubku přes pružinku k rámu - Nasadit pouzdro rychlozdvíhu - Projít závit pro šroub ovládací šroub - Nasadit ovládací šroub - Podložit závitovou tyč trubkou a provrtat skrz - Zajistit pružným kolíkem - Zabrousit pružný kolík, aby nedřel v pouzdru
8.13	Montáž rychlozdvíhu	<ul style="list-style-type: none"> • Šroub se šestihrannou hlavou M8x16 • Šroub se šestihrannou hlavou M10x30 -8.8 • Podložka plochá M8 (2x) • Podložka plochá M10 • Vidlice rychlozdvíhu • Matice šestihranná samojistná M10 	<ul style="list-style-type: none"> - Přimontovat vidlici rychlozdvíhu - Přimontovat rychlozdvíh k rámu
8.14	Montáž držáku spouštěče el. motoru	<ul style="list-style-type: none"> • Držák spouštěče el. Motoru • Podložka plochá M8 (2x) • Matice šestihranná samojistná M8 (2x) • Šroub se šestihrannou hlavou M8x60 (2x) 	<ul style="list-style-type: none"> - Připevnit držák spouštěče elektromotru k rámu
8.15	Montáž ložisek	<ul style="list-style-type: none"> • Ložiska 6202 2RS • Rozpěrná trubka • Vazelína • Gumová palice / kladivo + dřevěné prkýnko 	<ul style="list-style-type: none"> - Vymazat důkladně vazelínou - Nasadit ložisko (dle potřeby doklepat gumovou palicí) když to nejde, vyjmout a znovu zabrousit velký průměr -> důkladně očistit -> vymazat vazelínou, ... - Vložit rozpěrnou trubku + vazelína a nasadit druhé ložisko
8.16	Montáž štítu do řezu	<ul style="list-style-type: none"> • Štítek do řezu • Šroub se zápnou hlavou s vnitř. šestihrannem (3x) • Podložka plochá pro šr. válc. hlavou M8 (3x) • Matice šestihranná samojistná M8 (3x) 	<ul style="list-style-type: none"> - Přišroubovat štítek do řezu k rámu

8.17	Montáž hřídele	<ul style="list-style-type: none"> • Hřídel • Smirkový papír • Vazelína 	<ul style="list-style-type: none"> - Zbrousit kontaktní plochy na hřídeli smirkovým papírem + namazat vazelínou - Vložený hřídel se musí v ložiscích volně otáčet
8.18	Montáž gufera	<ul style="list-style-type: none"> • Gufero • Šídlo 	<ul style="list-style-type: none"> - Z vnitřní strany gufera udělat po obvodu pod pružinku 3 díry šídlem (kvůli teplotním změnám oleje) - Přidělat gufero
8.19	Montáž přírub a distančních podložek	<ul style="list-style-type: none"> • Příruba vnitřní • Podložka 1 mm • Podložka 2 mm • Příruba vnější • Matice samojistná M20 • Podložka krytu nástroje D20,5x38-2,0 	<ul style="list-style-type: none"> - Nasadit vnitřní přírubu - Nasadit vymezovací podložky - Nasadit vnější přírubu - Zajistit maticí M20
8.20	Montáž krytu nástroje	<ul style="list-style-type: none"> • Matice šestihranná samojistná M20 • Podložka krytu nástroje D20,5x38-2,0 • Gufero 30x47x7 GP • Šroub krytu nástroje M20x140 – nízká hlava 	<ul style="list-style-type: none"> - Přišroubovat kryt k rámu (matice se nesmí opírat o rám, aby se nepovolovala) - Vymezit podložkami mezi krytem a rámem (vyzkoušet 1mm, 2mm, vzniklá mezera má mít cca 5 mm)
8.21	Montáž krytu nástroje – vzpěra rychlozdvihu	<ul style="list-style-type: none"> • Čep rychlozdvihu 6HR24 -61 • Vzpěra rychlozdvihu D200mm • Závlačka pružinová (2x) jednoduchá 4x60 • Podložka plochá M16 • Matice šestihranná samojistná M16 	<ul style="list-style-type: none"> - Zajistit čep rychlozdvihu v krytu nástroje pomocí podložky a matice (definovaná poloha díry pro závlačku) - Nasadit vzpěru rychlozdvihu - Zajistit závlačkou