

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Zpracování návrhu pracoviště obrábění hřídelí elektromotoru
bez broušení

PROCESSING WORKPLACE DESIGN MACHINING ELECTRIC MOTOR
SHAFT WITHOUT GRINDING

Student:

Pavel Dostál

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr.Ing. Josef Brychta

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Dostál**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Zpracování návrhu pracoviště obrábění hřídelí elektromotoru bez
broušení
Processing Workplace Design Machining Electric Motor Shaft Without
Grinding**

Zásady pro vypracování:

1. Návrh pracoviště včetně měření a manipulace materiálu.
2. 3D simulace obrábění hřídele na pracovišti.
3. Stanovení parametrů výroby.
4. Posouzení a vyhodnocení rizik.
5. Technické a ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov, 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [2] NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábani*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábani, I. časť – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábani, II. časť – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábani, III. časť – Technologie obráběni*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

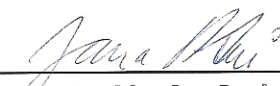
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Mistopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 19.5.2014

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Pavel Dostál

Adresa trvalého pobytu autora práce: Třeština 67, 789 73 Úsov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DOSTÁL, P. *Zpracování návrhu pracoviště obrábění hřídelí elektromotoru bez broušení : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 65 s. Vedoucí práce: Brychta, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem pracoviště obrábění hřídelí bez broušení. V teoretické části je popsána všeobecná charakteristika návrhů pracovišť, seznámením s firmou, princip elektromotoru, dále také stávající pracoviště s použitými technologiemi výroby rotorů elektromotoru a bezpečnostní opatření na pracovišti. Hlavní část je zaměřena na návrh nového pracoviště včetně měření, manipulace s materiálem a stanovení parametrů výroby. Praktická část se zabývá 3D simulací obrábění hřídele, posouzení a vyhodnocení rizik. Závěr práce popisuje technické a ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

DOSTÁL, P. *Processing Workplace Design Machining Electric Motor Shaft Without Grinding : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 65 p. Thesis head: Brychta, J.

The bachelor thesis deals with workplace for shaft machining without grinding. The theoretical part describes the general characteristics of the design of workplaces, becoming familiar with the company, the principle of the electric motor, as well as working with existing technologies used to manufacture rotor of the electric motor and safety measures in the workplace. The main part is focused on project work including measurement, material handling and setting of production parameters. The practical part deals with the 3D simulation of machining shafts, assessment and evaluation of risks. The Conclusion of this thesis describes the technical and economic evaluation of the proposed solution.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce prof. Dr. Ing. Josefu Brychtovi za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Dále pak firmě Siemens, s.r.o. za poskytnutí odborných konzultací a literatury.

Obsah

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1. CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU	10
1.1. TAKT TIME	11
1.2. JIDOKA	11
1.3. ŠTÍHLÁ VÝROBA	11
2. CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI SIEMENS AG	12
2.1. SIEMENS V ČESKÉ REPUBLICE.....	12
2.2. SIEMENS, S.R.O., ODŠTĚPNÝ ZÁVOD ELEKTROMOTORY MOHELNICE	13
3. ELEKTROMOTOR.....	16
3.1. PRINCIP ELEKTROMOTORU	16
3.2. KONSTRUKCE ELEKTROMOTORU	16
4. VÝROBA ROTORU ELEKTROMOTORU VE FIRMĚ SIEMENS S.R.O.	17
4.1. DĚLENÍ MATERIÁLU	17
4.2. ZAROVNÁVÁNÍ	18
4.2.1. ZAH 620 CNC	19
4.3. SOUSTRUŽENÍ HŘÍDELÍ.....	20
4.3.1. Soustruh SP 12 CNC.....	20
4.3.2. SPT16.....	20
4.4. FRÉZOVÁNÍ DRÁŽEK PRO PERO NA HŘÍDELÍ.....	22
4.4.1. EMCOMILL E900.....	22
4.5. RÝHOVÁNÍ HŘÍDELÍ	24
4.6. LISOVÁNÍ HŘÍDELE DO ROTOROVÝCH SVAZKŮ	24
4.7. VYROVNÁNÍ HŘÍDELE V ROTORU.....	24
4.8. BROUŠENÍ HŘÍDELE.....	25
4.8.1. Junker EJ 30 technická data	25
4.9. SOUSTRUŽENÍ POVRCHU ROTORU	26
5. STANDARD PRO BAREVNÉ ZNAČENÍ KOMUNIKACÍ, PLOCH A PRACOVÍŠŤ FIRMY SIEMENS S.R.O.	26
6. POPIS DOSAVADNÍHO PRACOVÍŠTĚ.....	27
6.1. BEZPEČNOST, ROZMÍSTĚNÍ A ROZMĚRY STROJŮ NA PRACOVÍŠTI	27
6.1.1. SP 12 CNC.....	27
6.1.1.1. Bezpečnost na stroji SP 12 CNC.....	27
6.1.1.2. Transport a instalace stroje.....	28
6.1.1.3. Pracovní místo a další podmínky.....	28
6.1.2. SPT 16 NC	29
6.1.3. EMCOMILL E900.....	30
6.1.3.1. Transport.....	30
6.1.3.2. Instalce	31
6.1.3.3. Bezpečnostní zařízení	32
6.1.4. DARWIN MODEL 2000	33
7. NÁVRH PRACOVÍŠTĚ VČETNĚ MĚŘENÍ A MANIPULACE S MATERIÁLEM	34

7.1. NÁVRH PRACOVÍŠTĚ	34
7.1.1. SP Line 430	36
7.1.2. Multicut 500I	37
7.1.3. SP 280.....	38
7.1.4. Optický měřicí přístroj MTL 850 Ergon S	39
7.2. BEZPEČNOSTNÍ ZÁSADY PŘI MANIPULACI S MATERIÁLEM.....	40
7.3. MANIPULACE S MATERIÁLEM NA PRACOVÍŠTI	41
7.3.1. Permanentní zvedací magnety BUX	42
7.3.1.1. Bezpečnost a obsluha	43
7.3.2. Jednonosíkový mostový jeřáb.....	43
7.3.3. Řetězový kladkostroj Demag	44
7.3.4. Sloupový jeřáb KBK I-V	45
7.3.5. Elektrický tříkolový vysokozdvížený vozík EFG-DF 16 L.....	46
7.3.6. Elektrický ručně vedený vysokozdvížený vozík se zdvihem ramen kol.....	46
7.3.7. Ruční paletovací vozík Jungheinrich	47
7.3.8. Další manipulační technika	48
7.3.9. Skladování materiálu na pracovišti	49
7.4. MĚŘENÍ MATERIÁLU NA PRACOVÍŠTI	50
7.4.1. Třmenové mikrometry.....	50
7.4.2. Posuvná měřítka a výškoměry.....	51
7.4.3. Přístroje na měření drsnosti povrchu	52
8. 3D SIMULACE OBRÁBĚNÍ HŘÍDELE NA PRACOVÍŠTI.....	52
9. STANOVENÍ PARAMETRŮ VÝROBY	54
10. POSOUZENÍ A VYHODNOCENÍ RIZIK.....	56
11. TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ.....	57
11.1. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	57
11.1.1. Cenové specifikace stroje SP 430 Y 2	58
11.2. TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ.....	58
ZÁVĚR.....	60
POUŽITÁ LITERATURA	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM PŘÍLOH.....	65

Seznam použitého značení a zkratk

$A_{p_{max}}$	Maximální hloubka řezu [mm] (tloušťka třísky)
$A_{p_{min}}$	Minimální hloubka řezu [mm] (tloušťka třísky)
CAM	Počítačem podporovaná výroba (Computer Aided Manufacturing)
CNC	Číslicové řízení stroj pomocí počítače (Computer Numerical Control)
ČSN	Státní technická norma České Republiky
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci (International Organization for Standardization)
LCD	Displej s kapalnými krystaly (Liquid Crystal Display)
NC	Číslicové řízené obráběcí stroje (Numeric Control)
V_c	Řezná rychlost [m/min] (obrábění)
f	Posuv (obrábění) [mm/ot]

Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout pracoviště obrábění hřídelí elektromotoru bez broušení pro firmu Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory v Mohelnici. Nedílnou součástí každé firmy je plánování a modernizace výroby. Tato práce je zaměřena na dosavadní uspořádání zvoleného pracoviště a efektivní vybudování nového pracoviště včetně manipulace s materiálem, navržení prostoru pro obsluhu a bezpečnostní prvky. Navrhování nových projektů a postupů ve výrobě je důležitý krok pro zachování konkurenceschopnosti firem na trhu, jak řekl Tomáš Baťa *„Lidé se obávají neznáma. Jest pravda, že každé opuštění starého znamená nejistotu - skok do tmy. Avšak kdo chce pomoci sobě a jiným, musí opustit dobré, aby mohl vybojovat lepší. Nesmí držeti pevně vrabce v hrsti jen proto, že je lepší než holub na střeše. Bez odvahy ke změně není zlepšení, a tak není ani blahobytu!“* Touto prací chci docílit zlepšení technologií, zrychlení výroby a omezit náklady na výrobu. Teoretické výpočty jsem prováděl na úseku Technologie a praktické měření v provozu Obrobný hřídelí.

1. Charakteristika problému

Důležitým charakterem návrhu pracoviště pro obrábění hřídelí je bezpečnost a ochrana zdraví při práci. Nutným předpokladem je dodržování legislativou stanovených pravidel bezpečnosti a při každé změně technologie pozměňuji uspořádání pracoviště pro snížení rizik. Další neméně důležitý aspekt návrhu pracoviště je politika jakosti ustanovená normou ISO 9001, kdy správným uspořádáním strojů nedochází k chybám a pokud tyto chyby nastanou, pracovník by měl mít možnost rychlého a kvalitního řešení daného problému. [2]

Při navrhování pracoviště musím počítat s plýtváním (prostoji) materiálu, zařízení a lidí. Proto při výběru vhodných strojů musím dodržovat jistá pravidla, jako například, že by stroj neměl čekat na obsluhu a naopak obsluha by neměla čekat na stroj. Tyto situace mají své příčiny a protipatření. Například čekání na operaci má příčinu v nevybalancovaném pracovišti, proto jako protipatření můžeme použít systém Takt

time. Opakem je, kdy pracovník čeká na ukončení činnosti stroje, příčiny jsou pak využitelnost pracovníka a protipatřením systém Jidoka. Návrhy pracovišť různého typu lze účinně řešit pomocí štíhlé výroby. [3]

1.1. Takt time

Přeloženo do češtiny znamená čas taktu. Je to tempo odebrání výrobku nebo služby zákazníkem. Čas taktu určuje, jakou rychlostí má daný proces probíhat, aby byli splněny požadavky zákazníka. [3]

1.2. Jidoka

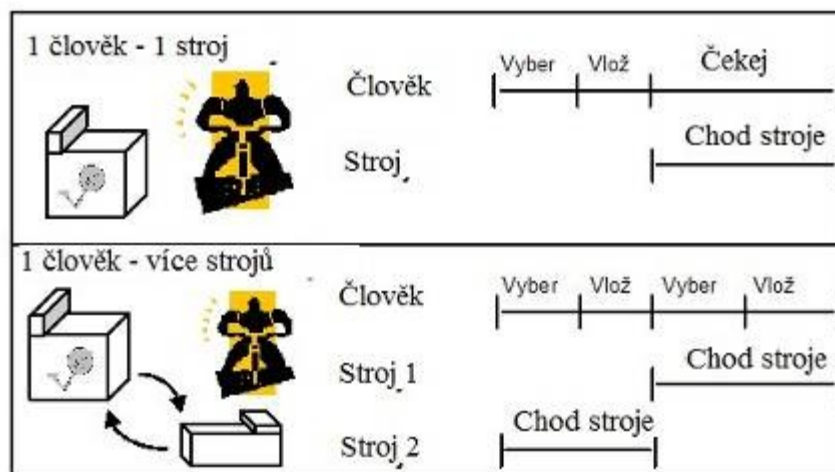
Tento systém můžeme charakterizovat jako autonomnost pracoviště. Jidoka převádí kontrolní činnost z člověka na stroj. Maximální kvalita a schopnost včas rozpoznat chybu to je hlavní cíl systému Jidoka. Výhodou systému je převedení kontrolní činnosti na stroj a tím uvolnění pracovníka z některých činností. Díky tomuto kroku může pracovník obsluhovat více strojů případně vykonávat více činností. Pro zvyšování kvality pracoviště je důležité mít dobře sestavený tým, který bude provádět analýzu přímo na pracovišti, to znamená kontrolu abnormalit, zásahy obsluhy a samozřejmě průběh procesu. V projektu pro návrh pracoviště a jeho zkvalitnění nesmí chybět fotografie, videa a zakreslení pracoviště ve výrobě. Další postup pro zvyšování je výpočet času práce, jako je práce zaměstnance, práce zařízení a složky procesního času. [4]

1.3. Štíhlá výroba

Snaží se maximálně vyhovět zákazníkovi a bez zbytečných ztrát, s minimálními náklady. Pro můj návrh jsou nejdůležitějšími body analýza pracoviště a optimalizace

pracoviště. Analýza pracoviště zpracovává pracovní den zaměstnance, zachytává a vyhodnocuje ztrátové časy. Pomocí štíhlé výroby analyzujeme využití stroje, sledujeme hodinový výkon pracoviště a zachytáváme příčiny výskytu vad. [3]

Obr. č. 1. Porovnání 1 člověk – 1 stroj, systém Jidoka [4]



2. Charakteristika společnosti Siemens AG

Siemens AG je globální elektrotechnický koncern, který se přes 165 let zabývá kvalitou, inovacemi a technologiemi v mezinárodní oblasti průmyslu, energetiky, zdravotnictví a infrastrukturním řešením pro města a okolí. Koncern poskytuje technologie šetrné k životnímu prostředí, které vytvářejí 40% jeho celkového obratu a zaměstnává kolem 370 tisíc zaměstnanců po celém světě. [1]

2.1. Siemens v České republice

Siemens patří v České republice mezi největší firmy, s ročním obratem 32,5 miliardy Kč a zároveň s objemem exportu 21,5 miliard Kč, dále je také jeden z největších

exportérů. Firma Siemens zaměstnává více jak 10,5 tisíce zaměstnanců a své technologie, služby a produkty (z oblasti zdravotnictví, energetiky, průmyslové a veřejné infrastruktury) dodává zákazníkům, jak ze soukromého, tak ze státního sektoru. [1]

Obr. č. 2. Výroba elektromotorů Mohelnice a Frenštát p. R. [2]



2.2. Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice

Závod v Mohelnici je přední dodavatel nízkonapěťových asynchronních elektromotorů od roku 2010. Jeho hlavní zákazníci jsou výrobci čerpadel, kompresorů a klimatizačních zařízení. Mezi jeho výrobky patří trojfázové elektromotory o výkonech od 60 W do 30 kW a jednofázové elektromotory od 120W do 3kW. [2]

Tabulka č. 1. Důležité data v historii závodu [2]

1904	30.9 byla založena nová společnost Ludwig Doczekal & Comp. – podnik pro výrobu elektrických zařízení se sídlem v Mohelnici.
1904 - 1906	Postavení prvních objektů
1913	Změna statusu firmy na veřejnou obchodní společnost – Společnost pro výrobu elektrického a strojního zařízení Gustav Brass a dr. Rudolf Doczekal se sídlem v Mohelnici.
1923	Vytvoření nové akciové společnosti EMAG – Elektrizitäts – und Maschinenbau Aktien Gesellschaft.
1924	Uzavření smlouvy o vzájemném společenství se společností Siemens.
1926	Ke dni 21.12. vznik nové akciové společnosti Siemens Elektrotechnika fúzí Elektrotechnické a strojírenské a.s. v Mohelnici a Siemens & Co., komanditní společnost, v Praze.
1939	Začlenění mohelnické továrny do koncernu Siemens – Schuckertwerke AG. Modernizace a specializace výroby elektromotorů.
1945	Výnosem ministerstva postavení závodu pod národní správu Siemens – Schuckertových závodů se sídlem v Praze. Vznik značky MEZ.
1950	Osamostatnění závodu na n.p. MEZ Mohelnice se sídlem v Mohelnici.
1960	Rozšíření výrobního programu o výrobu elektromotorů jednotné řady AF.
1980	Zahájení výstavby v rámci projektu Výstavby a rekonstrukce MEZ Mohelnice – integrace RVHP v asynchronních elektromotorech.
1981	Vznik koncernového podniku MEZ Mohelnice a začlenění do koncernu ZSE Praha.
1988	Vznik kombinátního podniku ZSE Praha.
1990	1.7. vznik samostatného státního podniku MEZ Mohelnice. Slavnostní otevření nové slévárny.
1994	1.6. schválena vládou České republiky privatizace motorářských aktivit s.p. MEZ Mohelnice a s.p. MEZ Frenštát a to formou přímého prodeje majetku firmě

	Siemens. 1.10 MEZ Frenštát součástí Siemens Elektromotory s.r.o. Praha a začlenění do obchodního pole ASI 1N (Nízkonapěťové motory).
1995	22.9. udělení certifikátu systému managementu jakosti, dle normy EN ISO 9001:1994 závodu firmou LRQA.
1996 - 1999	Přemístění sídla Siemens Elektromotory s.r.o. z Prahy do Mohelnice. Převody výrob elektromotorů mezi závody Frenštát, Mohelnice a Bad Neustadt. Rozšíření výroby elektromotorů v Mohelnici, vývoj a zavedení nové řady motorů 1LA5/7. Ke dni 1.4.1998 vytvoření obchodní oblasti A&D SD.
2001	Zahájení projektu „Koncepce výroby elektromotorů v Evropě“.
2002	Otevření logistického centra firmy GEIS v Mohelnici. Dne 13.8. udělení certifikátu systému managementu jakosti, dle normy EN ISO 9001:2000 obchodní oblasti A&D SD (závodům Erlangen, Bad Neustadt, Mohelnice, Frenštát a Congleton), firmou DQS GmbH.
2004	Dokončení projektu „Koncepce výroby elektromotorů v Evropě“ ,Produktzuordnung“ mezi Mohelnicí a Bad Neustadtem.
2006	11.8. udělení certifikátu systému environmentálního managementu, dle formy EN ISO 14001:2005 společnosti Siemens Elektromotory s.r.o. (závod Mohelnice a Frenštát), firmou DQS GmbH.
2008	Převod výroby motorů osově výšky 180 ze závodu Frenštát.
2010	1.1. zánik obchodní oblasti I DT SD, závod Mohelnice začleněn do obchodní oblasti I DT LD. 1.10. zánik společnosti Siemens Elektromotory s.r.o., začlenění závodu Mohelnice jako odštěpného závodu společnosti Siemens, s.r.o..

3. Elektromotor

3.1. Princip elektromotoru

Elektrická energie se přeměňuje na mechanickou nebo naopak. Elektromotor využívá silové účinky magnetického pole za pomoci využití tzv. Lorentzova zákona síly. Na vodič v magnetickém poli působí síla úměrná kolmé složce magnetické indukce a velikosti el. proudu tekoucího vodičem. V důsledku silově působí na sebe dvě spřažená magnetická pole ve společném magnetickém obvodu rotoru, statoru a vzduchové mezery. Princip je využití vzájemného odpuzování a přitahování dvou elektromagnetů, nebo permanentního magnetu a elektromagnetu. Protékající elektrický proud nám řídí sílu a polaritu elektromagnetu. Elektromotor má tři režimy provozu. Motorický režim je takový, kdy při odebírání elektrické energie stroj tuto energii převádí na mechanickou. Generátorický režim je opačný jev, kdy pomocí mechanické energie elektromotor vyrábí energii elektrickou. Režim brzdy pomocí výkonu z elektrického zdroje působí v opačném směru než energie mechanická, vzniklý produkt je teplo, které se nejvíce vytváří v kotvě, proto tento režim se může využívat jen krátkodobě. [8]

3.2. Konstrukce elektromotoru

Elektromotor je většinou složen ze čtyř základních částí. Elektrický obvod tvořený cívkami s izolací, kterým se říká vinutí. Magnetický obvod tvořený feromagnetem, který tvoří vzájemně elektricky izolované transformátorové plechy. Tento obvod vede magnetický tok vytvořený vinutím nebo permanentními magnety. V drážkách magnetického obvodu bývá umístěno vinutí. Nosné části, ložiskové štíty, patky, příruby, kryty, svorkovnice a chlazení, to jsou mechanické konstrukce, které přenáší síly od hřídele elektromotoru. Tyto všechny prvky chrání tuhost a pevnost stroje, zamezují vodě a cizím částicím vniknout do stroje, ochraňují pracovníka před rotujícími částmi a částmi pod napětím, dále pak zajišťují chlazení motoru. Konstrukce stroje zabraňuje kmitání vlastními kmity. Délka vzduchové mezery musí být co nejmenší. Chlazení odvádí teplo, které vzniklo ztrátami v magnetickém obvodu, mechanickými ztrátami v uložení a jinými doprovodnými jevy. Chlazení dělíme na přirozené, nucené s vlastním nebo cizím ventilátorem, plynem a

kapalinou. Nejčastěji překročením teploty dochází k degradaci izolací a odmagnetování permanentních magnetů. Pevná část elektromotoru se nazývá stator, na kterém jsou upevněny cívky s vinutím. V statoru se pohybuje rotor, který je pohyblivá část elektromotoru s magnetickým obvodem, vinutím a hřídelí. [8]

Obr. č. 3. Ukázka elektromotoru SIEMENS s.r.o.[1]



4. Výroba rotoru elektromotoru ve firmě Siemens s.r.o.

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh pracoviště, a proto zde uvádím postup výroby rotoru elektromotoru i s parametry jednotlivých strojů.

4.1. Dělení materiálu

Výroba hřídele začíná ve skladu oceli. Tam se šestimetrové tyče různých materiálů, dle konstrukčních požadavků dělí na požadovanou délku hřídele plus 2mm přírůstek pro obrábění čelních ploch hřídele. Dělení materiálu probíhá na automatizovaných pásových pilách Metora VMB 380 DS a Kaltenbach KB 305N.

Obr. č. 4. Automatizovaná pásová pila Kaltenbach KB 305NA ve firmě SIEMENS s.r.o.



4.2. Zarovnávaní

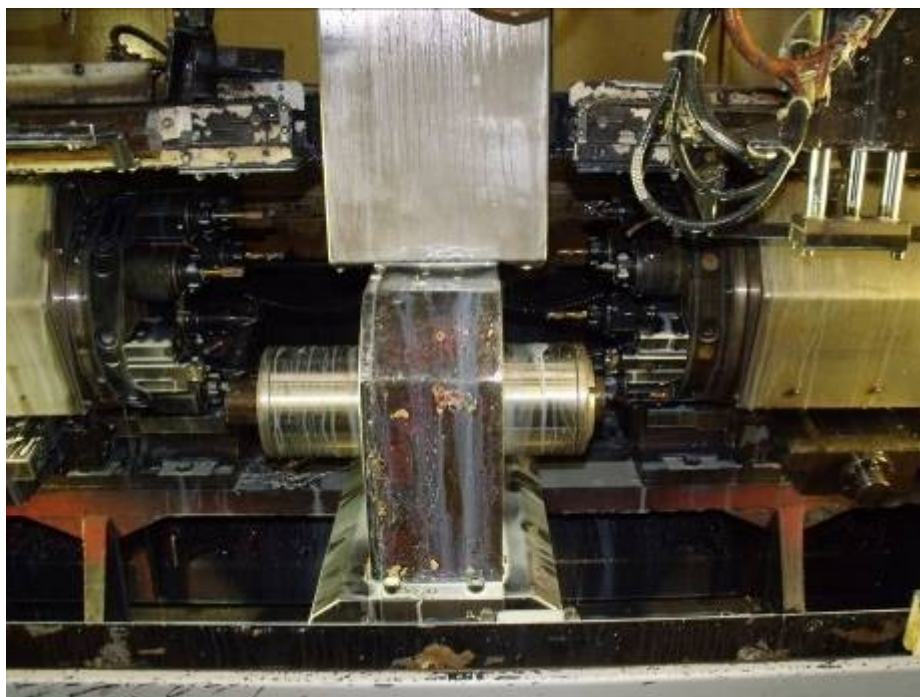
Probíhá na strojích ZAH, VZAH 620, výrobce CZ TECH, Čelákovice. Jsou to automatizované stroje s vysokou produktivitou. Vstupní materiál je pouze nadělená tyčovina, která se vloží do manipulátoru a výstupem jsou zarovnané, navrtané a závitované přířezy dle konstrukčních požadavků. Zhloubení pro závit či navrtávání se obrábí s přesností od 0,05 - 0,1mm. Dělený materiál je upnut pomocí kleštín uprostřed materiálu. Stroj je opatřen dvěma revolvery, díky kterým je možné obrábět obě strany hřídele současně na jedno upnutí.

4.2.1. ZAH 620 CNC

Produkční vrtací, závitovací, soustružnický a zarovnávací stroj s rotujícím obrobkem a šikmým ložem 45°. [6]

Max. upínaný průměr 65 / 100 mm, min. upínaný průměr 6 / 40 mm, max.délka obrobku 620 mm, min. délka obrobku 180 mm, zdvih v osách X1 a X2 120 mm, zdvih v osách Z1 a Z2 220 mm, zdvih v ose V 305 mm, rychloposuv v osách X1, X2 a V 30 m/min, rychloposuv v osách Z1 a Z2 15 m/min, posuvová síla v osách X1, X2, Z1, Z2 a V jmenovitá / maximální 2500 / 6200 N, max. otáčky vřetena 3000 ot./min, maximální výkon vřetena 9 / 16 kW, maximální krouticí moment 110 / 200 Nm, pohon nástrojové hlavy elektrický, počet pozic nástrojové hlavy 8 (20 x 20), objem nádrže chlazení 180 l, čerpadlo WALRUS TPK2T8-3, 370 W 30 l/min, tlak na výstupu z čerpadla 0.2 MPa, výška stroje 1960 mm, půdorys stroje 4700 x 2500 mm, hmotnost stroje 5000 kg. [6]

Obr. č. 5. Stroj VZAH 620 ve firmě SIEMENS s.r.o.



4.3. Soustružení hřídelí

Vstupem je zarovnaný a navrtaný přířez s požadovanou délkou hřídele. Soustruží se za pomoci horizontálních cnc, nc soustruhů SPT16 a SP12 od společnosti CZ TECH. Hřídele jsou vkládány a vykládány do a ze stroje automatickým manipulátorem. Upíná se mezi hrot koníku a čelní unášec. Díky této technologii je možné obrábět hřídel z obou stran na jedno upnutí. Obvodová házivost unášeče se pohybuje v 0,02mm. Soustruhy nejsou opatřeny klimatizací pro konstantní teplotu chladicí kapaliny. Chybí zde i chlazení vřetena. Obrobek je chlazen pouze chladicí kapalinou přiváděnou řeznými nástroji přes revolverovou hlavu.

4.3.1. Soustruh SP 12 CNC

Hlavní pohyb stroje je kruhový (otáčivý), tento pohyb vykonává obrobek. Určení stroje je k obrábění vnějších, vnitřních rotačních a čelních ploch. V základní verzi je stroj univerzální, při vybavení zvláštními příslušenstvími je z něj stroj jednoúčelový. [10]

Pracovní rozsah oběžný průměr nad ložem 280mm, oběžný průměr nad suportem 120mm, svislý zdvih 80mm, vzdálenost mezi hroty 500mm, rychlost v ose X a Z 15m/min, maximální hmotnost obrobku 50kg. Nástrojová hlava je poháněna elektricky a maximální posuvová síla v ose X a Z je 5000N. Vřeteno má rozsah otáček 0-4500 ot/min, maximální výkon 9/13 kW a maximální kroutící moment je 220 Nm. Celková hmotnost stroje bez příslušenství je 2000kg. [10]

4.3.2. SPT16

Stroj je soustružnický poloautomat, provádí obrábění hřídelí a přírub. Umožňuje volné kontury, využití korekcí s tvorbou podprogramů s grafickou podporou, simulace a

programování pomocí cyklů. Ve standardním provedení je stroj určen pro práci v dílenském prostředí bez agresivních plynů nebo par. Kolísání prostředí maximálně od +15°C do +35°C. Maximální vlhkost 80%. Optimální teplota pro pracovní přesnost je 20°C. Maximální hladina hluku v místě obsluhy je 80dB. Bezpečnostní předpisy splňuje dle normy ČSN 200700, ČSN 200705. [5]

Tabulka č. 2. Technické parametry stroje SPT 16 NC [5]

Technické údaje	Parametry stroje	
Řídicí systém	Siemens 802 Di (840 D)	
Max. oběžný průměr nad ložem	mm	340
Max. průměr soustružení hříd. souč.	mm	160
Max. průměr soustruž. přírubových. souč.	mm	200
Max. soustr. délka hříd. souč.	mm	500
Max. délka přírub. součástí	mm	120
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-4000
Otáčky	2 převodové stupně (prog.řízené) 1. 0-1200 otáček 2. 1200-4000 otáček	
Výkon hlavního motoru	kW	17
Max. kroutící moment na vřetenu	Nm	630
Přední konec vřetena ČSN 20 1011	vel	B6
Kužel dutiny vřetena	Morse	6
Příčný zdvih suportu	mm	285
Počet poloh dolní nástrojové hlavy	5	
Počet poloh horní nástrojové hlavy	5	
Posuvy - rozsah	mm/min	0,1-4000
Rychloposuv podélný v autom. cyklu	mm/min	od 0 - 15 000
Rychloposuv příčný v autom. cyklu	mm/min	od 0 - 15 000

Max. dovolená posuv. síla podélná	N	13000
Max. dovol. posuv. síla příčná	N	10000
Zvláštní příslušenství:		
Rozhraní RS 232 vyvedeno na stroj	Průchozí upínání	
Skříňdlo 4000 ot. O 210 ot.	Podvač tyčí	
Dopravník třísek	Ethernetové rozhraní	

4.4. Frézování drážek pro pero na hřídeli

Frézky jsou obvykle součástí pracoviště soustružení, kde jeden obráběč zároveň obsluhuje frézu. Frézují se zde pouze drážky pro pero. Hřídele se upínají do automatizovaného svěráku. Frézky jsou od výrobce EMCO, typ stroje je EMCOMILL E900.

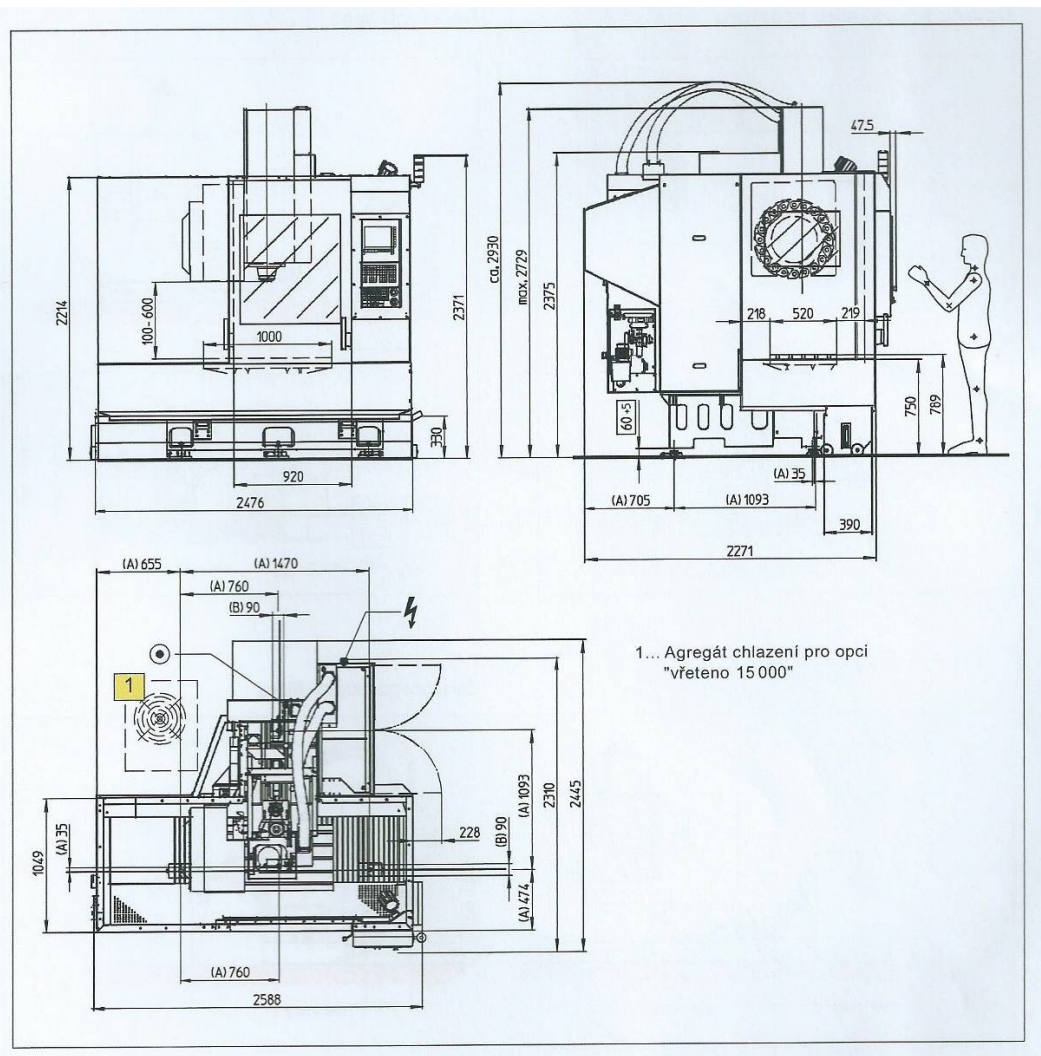
4.4.1. EMCOMILL E900

Je s posuvem v ose x 900mm nejlepší stroj pro náročné CNC frézování malých a středních dávek při nejlepším poměru ceny a výkonu. Stroj obsahuje polohový zásobník pro 30 nástrojů, dvouramenný měnič, vřeteno s rychlostí až 15000 otáček za minutu a vnitřní chlazení přes střed vřetena. Stroj je teplotně stabilní, s možností mechanického nebo motorového vřetena a s nejmodernějším řízením pomocí systému SIEMENS. [7]

Mechanické vřeteno 12000 ot/min; motorové vřeteno 15000 ot/min, chlazení středem vřetene 15 bar; průměr rotačního stolu 200 mm; dopravník třísek; zásobník nástrojů s 30 pozicemi. [7]

Pracovní prostor: posuv v ose X 900 mm, Y 500 mm, Z 500 mm; vzdálenost vřetene od stolu 100 – 600 mm; počet os 3 (volitelně 4 osa); rychloposuv v ose X,Y,Z 24 m/min; pracovní posuv v ose X,Y,Z 10 m/min; upínací plocha stolu 1000x520 mm; maximální nosnost stolu 800 kg; čas výměny nástroje za nástroj 1,6 s; počet nástrojových pozic 20 (volitelně 30); maximální průměr nástroje bez sousedních nástrojů 125 mm; maximální délka nástroje 250 mm; maximální otáčky vřetena 12000 ot/min; maximální výkon 11 kW; maximální kroutící moment 70 Nm, motor vřetena je s přímým pohonem; stroj má rozměry délku 2570mm, šířku 2445mm, výšku 2920mm; celková hmotnost stroje je 4600 kg. [7]

Obr. č. 6 Plán E900 [12]



4.5. Rýhování hřídelí

Rýhování hřídele se provádí z důvodu lepšího styku hřídele s rotorovým svazkem po nalisování. Hřídele se rýhují pomocí rýhovačky, která je opatřena dvěma kotouči. Kotouče se otáčejí proti sobě, hřídel se umístí mezi ně. Po sešlápnutí pedálu se kotouče přiblíží a stlačí hřídel, kdy při současném otáčení vytvoří rýhy.

4.6. Lisování hřídele do rotorových svazků

Lisuje se pomocí lisovacích narážek, které se opřou o čelo ložiskové rozteče hřídele. Lisuje se do vnitřního průměru rotorového svazku s přesností $\pm 0,6$ mm a vzniká vnitřní pnutí hřídele ve svazku. Při lisování za studena občas dochází k deformacím čel hřídele. Další problém je házivost hřídele. Pokud se lisuje za studena, musí být po operaci lisování provedeno vyrovnávání. Velkou roli zde hraje i přesnost vnitřního průměru svazku.

POZN.: Při soustružení hřídelí na hotovo, musí být vnitřní průměr rotorového svazku ve větších přesnostech. Proto se před lisování musí zařadit další operace a to protahování vnitřního průměru svazku.

Lisování by muselo probíhat za tepla z důvodu odstranění vnitřního pnutí, čelní házivosti i deformaci z čela hřídele. Čelní házivost z velké části ovlivňuje tzv. banán efekt, kdy průchozí otvor svazku není přímý.

4.7. Vyrovnání hřídele v rotoru

Hřídele se vyrovnávají na hydraulických lisech, nebo na ručních lisech. Jde zde o to dostat házivost hřídele do požadovaných parametrů zákazníka. Hřídel je upnuta mezi hroty, nebo opřena v pryzmách a lisem se tlačí na střed hřídele.

4.8. Broušení hřídele

Stroje BHE a Junker EJ 30. Rotor je upnut mezi hroty a je unášen pomocí srdíčka. Brouší se do požadovaných tolerancí dle výkresu. Brouší se každý průměr jednotlivě.

4.8.1. Junker EJ 30 technická data

Výška hrotu je 150mm, oběžný průměr maximálně 290mm, upínací délka maximálně 800mm, broušená délka maximálně 800mm a hmotnost obrobku mezi hroty maximálně 80kg. Broušící kotouč má maximální průměr 500mm, šířku 95mm, obvodovou rychlost 45m/s a přísuv broušícího kotouče je CNC řízená osa X.

Obr. č. 7. Broušení hřídelí strojem Junker EJ 30 ve firmě SIEMENS s.r.o.



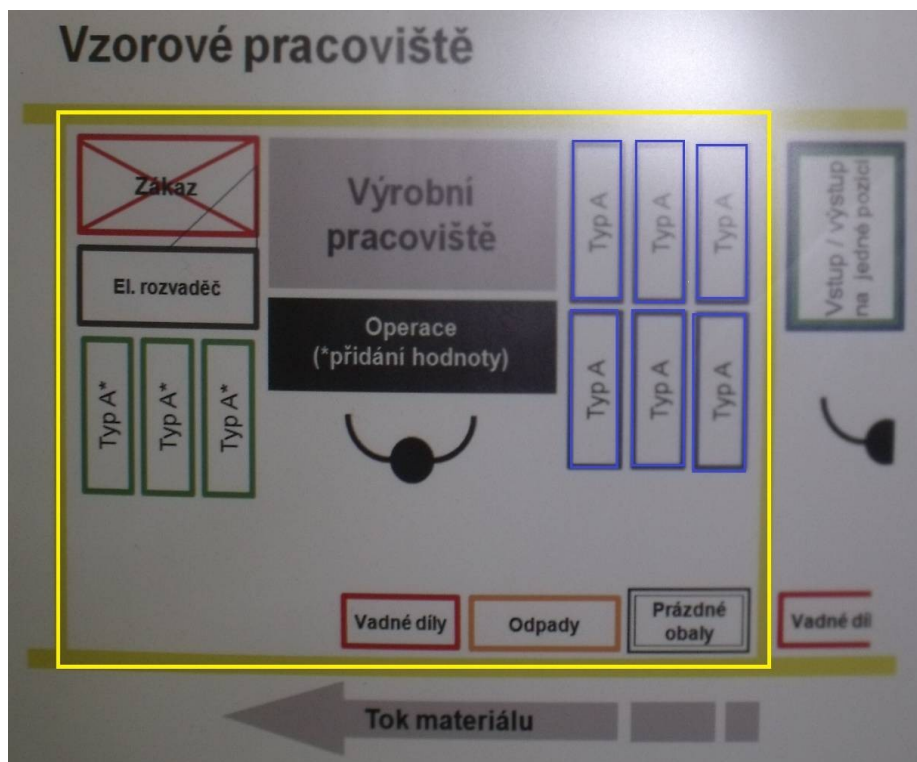
4.9. Soustružení povrchu rotoru

Přetáčí se na strojích SP12, SN40 (automatizovaný), zde se obrábí vnější průměr rotoru do požadovaných rozměrů. Upíná se kleštinou, nebo mezi hroty, dle provedení stroje.

5. Standard pro barevné značení komunikací, ploch a pracovišť firmy SIEMENS s.r.o.

Přehlednost na pracovišti je důležitým aspektem pro bezpečnost a organizování výroby. Komunikace, rozdělení pracovišť a zón se značí světle žlutou barvou o šířce 10/5 cm. Uličky pro pěší a prázdné obaly bílou barvou při šíři 5 cm. Vstupní materiál se na pracovišti ukládá do prostoru vymezeného modrou barvou o šířce pásu 5 cm. Naopak vystupující materiál je označen v prostoru zelenou barvou o šířce 5 cm. Nádoby na tříděné odpady ukládáme do prostoru ohraničeného světle oranžovou. Neshodná výroba (zmetky), zákaz zastavení či odkládání má barvu červenou. Nebezpečné zóny, změny výškové úrovně je značí černožlutou pod úhlem 45°. [9]

Obr. č. 8. Vzorové pracoviště Siemens s.r.o. [9]



6. Popis dosavadního pracoviště

Zadané pracoviště má nahradit pracoviště na kterém se provádí soustružení hřídelí s broušením. Toto pracoviště je opatřeno dvěma stroji SPT 16 CNC, frézku EMCOMILL E900, strojem SP 12 CNC a dalším příslušenstvím. Technické údaje těchto strojů jsem řešil v kapitole 4. Dále se budu zabývat bezpečnostními prvky na pracovišti a ve strojích. Popíši uspořádání pracoviště včetně manipulace s materiálem.

6.1. Bezpečnost, rozmístění a rozměry strojů na pracovišti

6.1.1. SP 12 CNC

Základní rozměry stroje uvádím s otevřenými manipulačními dvířky. Výška stroje 1800mm, šířka 2065mm a délka 3180mm. Díky těmto rozměrům je možné stanovit optimální prostor pro uložení stroje, kde musíme také dbát na dostatečný prostor pro manipulaci a údržbu. Stroj je koncipován pro obsluhu jedním pracovníkem. [10]

6.1.1.1. Bezpečnost na stroji SP 12 CNC

Důležitá vlastnost pro práci se stroji, je bezpečnost na pracovišti. Stroj SP12 CNC je vybaven řadou bezpečnostních funkcí. Nejdůležitější je krytování stroje, které zabraňuje obsluze šahat do pracovního prostoru nebo na živé části stroje. Zabránění vstupu do pracovní části zajišťují automatické dveře, ty se otevírají v cyklu stroje nebo pomocí tlačítek. Bezpečnost obsluhy při zavírání dveří zajišťuje bezpečnostní lišta. Ručně posuvný kryt se otevírá po uvolnění zářezky a slouží pouze pro servisní účely. [10]

Hlavní nebezpečný prostor je s otáčejícím se vřetenem, pohybující se součásti pro upnutí obrobku. Ovládání stroje je umístěno v pracovním místě, blízko pohyblivých

ochranných krytů a ovladačů. Osvětlení pracovního prostoru je minimálně při intenzitě 500 lux při seřizovacím režimu. Řezná kapalina je v systému umístěna tak, aby nedošlo k úniku a kontaktu s kapalinou. Systém je řešen tak, aby bylo možné brát vzorky, či případně čistit nádrže, trubky a filtry. [10]

6.1.1.2. Transport a instalace stroje

Transport soustruhu probíhá při jeho kompletní montáži, kdy je nutné odšroubovat víko větrání, které se nachází na levé straně nad hydraulickým agregátem a transportní víko na hlavním krytu stroje na pravé straně. Pod přepravovaný stroj nikdy nevstupujeme. [10]

Soustruh musí být usazen do přesné polohy na základ, který má vliv na přesnost stroje. Základ již musí být vyhotoven v dostatečném předstihu a to pomocí kotevních šroubů. Po usazení stroje a vytvrnutí základu se vyrovnává v podélném i příčném směru, s přesností $\pm 0,02/1000\text{mm}$. [10]

6.1.1.3. Pracovní místo a další podmínky

Prostory vymezené pro pracovní místo stroje, musí vyhovovat platným hygienickým předpisům. Vedle pracovního prostoru musí být zajištěn prostor pro uskladnění pomocných zařízení, zpracovaného materiálu i obrobku a prostor pro manipulaci s nimi. Postavení stroje je navrženo tak, aby byl od trvalých překážek umístěn nejméně 600mm a v prostoru pro obsluhu nejméně 1000mm. Vše se měří od největších vysunutých částí. Je-li soustruh větší než většina strojů v okolí a pohybuje-li se nad ním jeřáb, musí být barevně označen. [10]

Výhodné umístění je i kvůli světelným podmínkám, kdy přirozené světlo doplňují osvětlením umělým. Pro každou výrobu je specifické osvětlení a ovlivňuje přesnost

měření a práce. Umělé osvětlení dělíme do kategorií, podle barevného tónu světla, stupně jakosti podání barev a třídy omezení oslnění. [10]

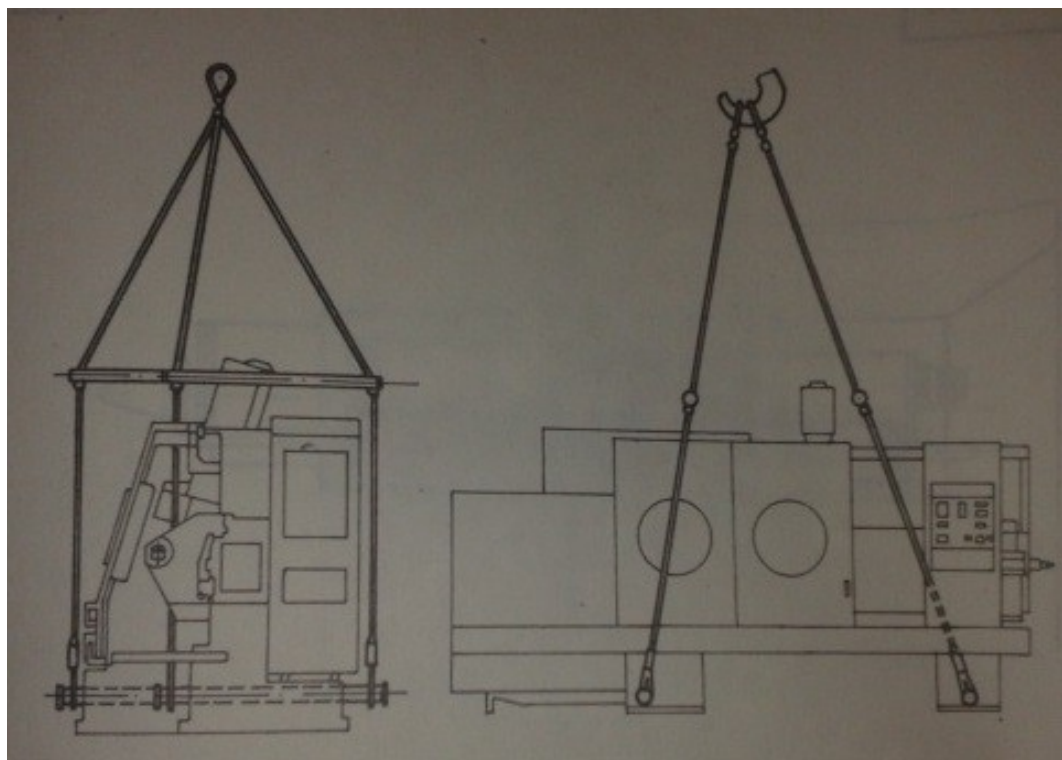
Pracovní prostor pro obsluhu musí být v místech, kde nebude rušen provozem vedlejších pracovišť a musí stát tak, aby pracovník nestál zády k hlavní cestě. Podlaha musí být dostatečně velká, izolovaná proti vlhku a chladu. [10]

Stroj vyžaduje na pracovišti přívod elektrické energie při napětí 3x380-415 V, proud ostruhu 26 A a vodič měděný 10 mm². Další požadavek je přívod stlačeného vzduchu hadicí průměru 12x2, vzduch je přiváděn horním krytem nebo po otočení kolene se vzduch přivádí spodem. [10]

6.1.2. SPT 16 NC

Číslicově řízený soustružnický poloautomat je určen pro automatizaci ve výrobě přírubových a hřídelových součástí. Hmotnost stroje je odvozena podle druhu a počtu přídatných zařízení. Hladina akustického výkonu je 97,5 dB a hluk v místě obsluhy 80 dB. Stroj je vybaven závěsným zařízením, které se používá pro dopravu kompletně smontovaného stroje. Součástí jsou lana, rozpěrné a nosné tyče. Na místo určení se zařízení přepravuje jeřábem. Součástí pracoviště pro stroj je skříň na nářadí o rozměrech 780x560x1200 mm. Maximální přípustná hmotnost v jedné zásuvce nesmí překročit 35 kg. Dalším příslušenstvím stroje na stávajícím pracovišti je dopravník třísek s chlazením, který se zasouvá do pracovního prostoru stroje a vynáší třísky do kontejneru. Automatické přesouvání krytu je umožněno díky elektrickému motoru přes převodovou skříň a ozubený hřebek, kryt má standardní rychlost a kontrola koncových poloh je řešena dvěma mžikovými spínači a narážky. [11]

Obr. č. 9 SPT 16 NC přeprava [11]



6.1.3. Emcomill E900

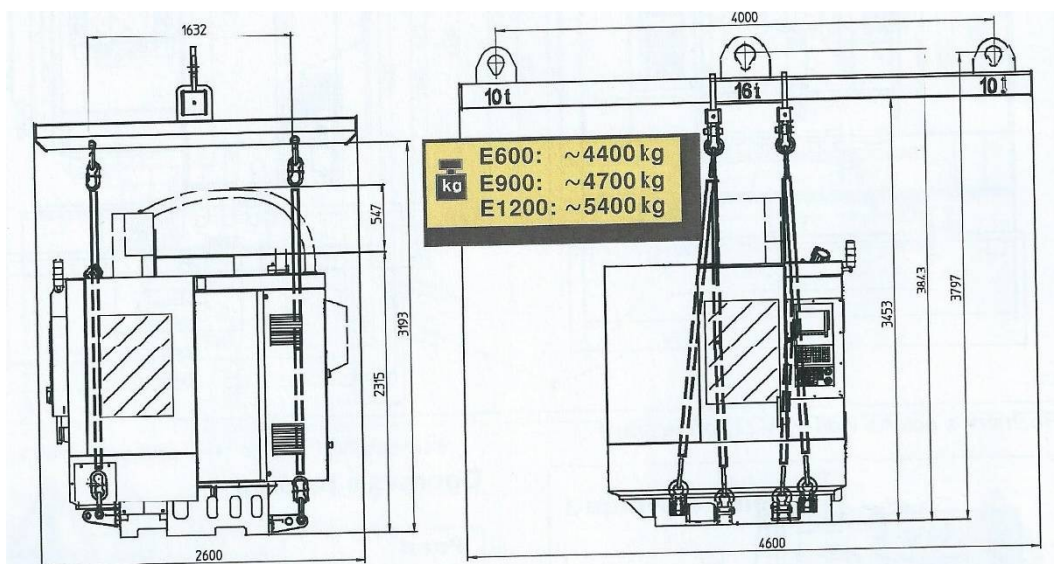
Zařízení je vertikální obráběcí centrum určené k obrábění sousledných a nesousledných obrobitebných kovů za pomoci frézování a vrtání. Stroj je určen pro jednoho pracovníka. [12]

6.1.3.1. Transport

Přeprava stroje probíhá na dřevěné paletě přišroubované třemi šrouby M12. Dopravu lze provést buď vysokozdvíhým vozíkem se zdvihovou zátěží minimálně 4700 kg nebo pomocí jeřábu. Při použití jeřábu se stroj přepravuje pomocí rámu, který lze

vyžádat u dodavatele. Zdvihová zátěž nesmí překročit povolené hranice a uvedené hmotnosti se vztahují na stroj bez dalších zařízení. [12]

Obr. č. 10 Transport stroje Emcomill E900 [12]

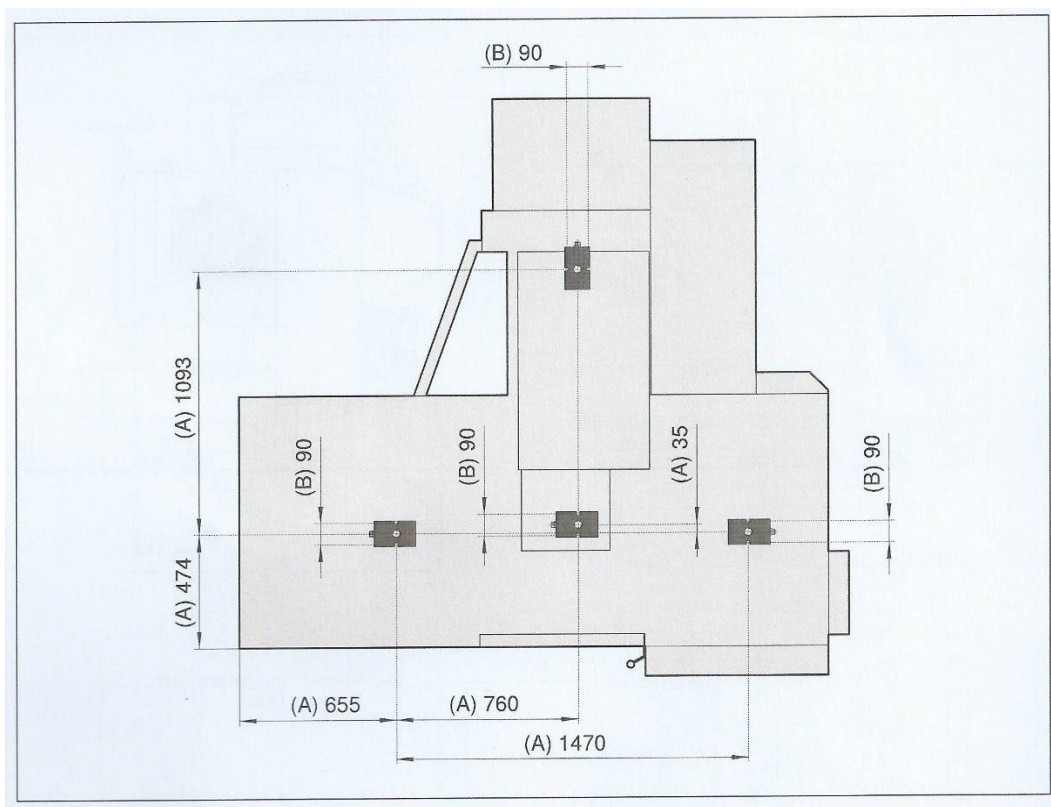


6.1.3.2. Instalce

Stroj má předepsané rozměry pro usazení na místo. Je důležité dodržet minimální výšku usazení 60 mm z důvodů nasunutí zásobníku chladící emulze, který se nachází pod strojem. Hmotnost stroje s naplněným zásobníkem je cca 4600 kg, s tím to parametrem musíme počítat při návrhu usazení. Plocha, na které stroj stojí, musí být co nejrovnější a musí odpovídat nosností a stabilitou vůči otřesům. V podlaze musí být připraveny vrty pro kotvicí šrouby. Důležitým faktorem je i teplota, která by se měla pohybovat mezi 10 až 35 °C. V místě usazení stroje je důležité umístit záchytnou vanu pro zachycení provozních kapalin. [12]

Stroj je do elektrické sítě přiveden kabely minimálně 4x10 mm, napájecí napětí je 3/PE střídavý 400 V. Důležitým médiem je i stlačený vzduch, který se přivádí do stroje. Napájecí tlak je předepsán 6 barů a dodávané množství minimálně 150l/min. [12]

Obr. č. 11 Vrtací schéma pro uložení E900 [12]



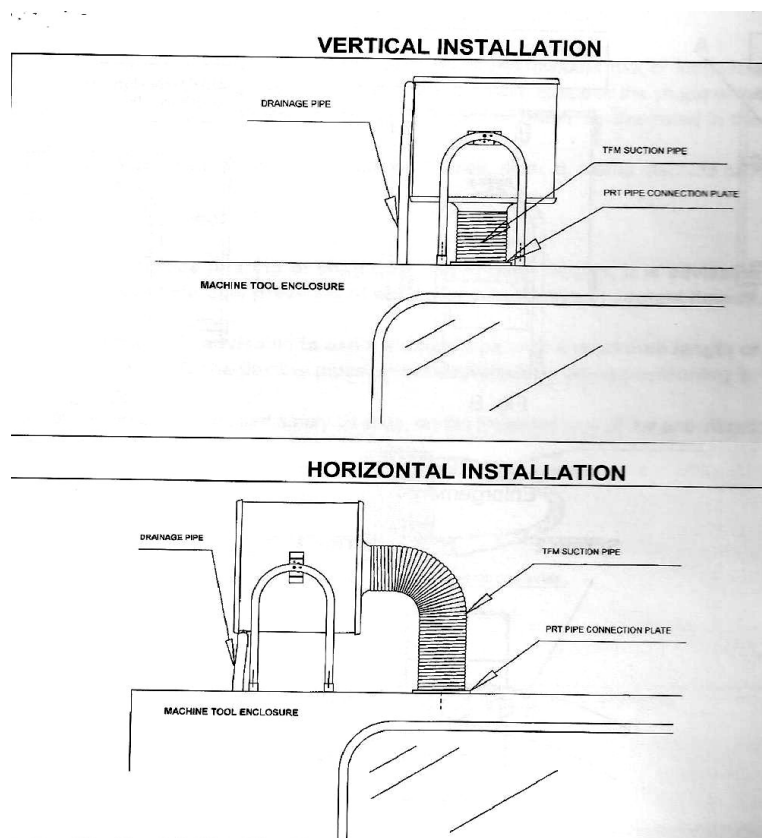
6.1.3.3. Bezpečnostní zařízení

Bezpečnostní zařízení jsou nainstalována již v základním provedení stroje. Mezi tyto zařízení patří tlačítko nouzového vypnutí NOT-AUS, které při nebezpečí po stisknutí přeruší přívod proudu k hlavnímu pohonu, motoru posuvu a k manipulátoru nástrojů. Další bezpečnostní prvek je blokáce dveří. Blokáce zabráňuje otevřením dvířek, které ochraňují před šponami při chodu stroje. Rovněž se program nespustí, pokud jsou dvířka otevřená. Nedílnou součástí stroje je pracovní osvětlení prostoru, které je zaručeno halogenovou pracovní svítilnou. Svítilna se zapíná pomocí vypínače na panelu obsluhy. Při výměně musíme počkat na vychladnutí, jinak hrozí nebezpečí popálení. [12]

6.1.4. Darwin model 2000

Je odstředivý vzduchový filtr pro obráběcí stroje. Odstraňuje olejové mlhy a páry z prostředí dílny. U těchto typů je možná jak vertikální, tak horizontální instalace. Přístroj zaručuje energetické úspory, vysokou účinnost ve výrobních prostorech, snadnou instalaci a údržbu, je kompaktní. [13]

Obr. č. 12 Instalace zařízení Darwin 2000 [13]

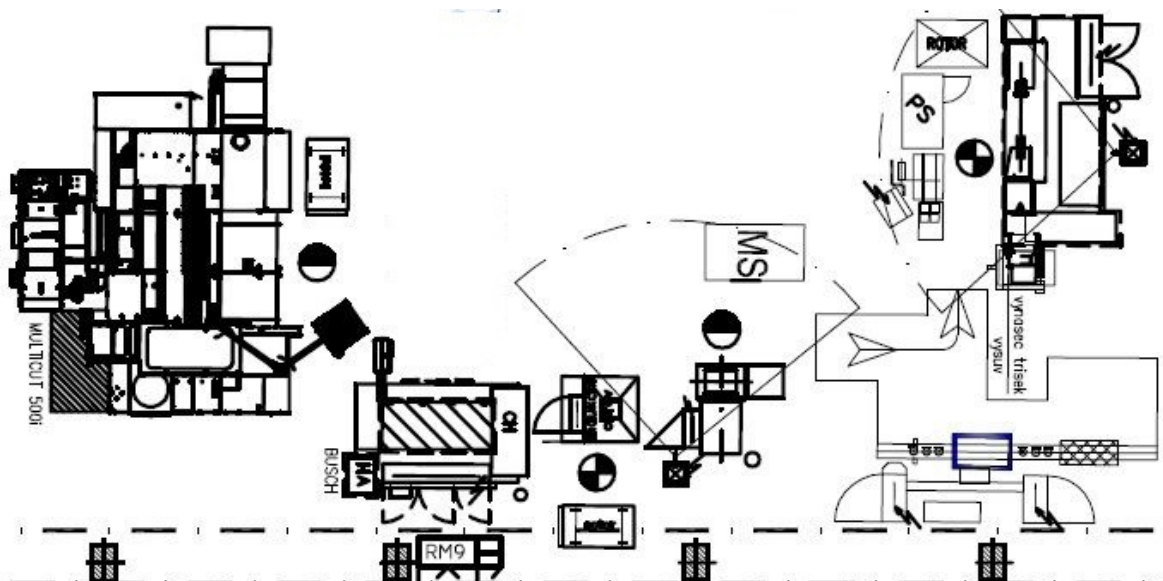


7. Návrh pracoviště včetně měření a manipulace s materiálem

7.1. Návrh pracoviště

Od kapitoly 7 se zabývám návrhem nového pracoviště. Řeším zde, jak manipulaci s materiálem, tak i jeho měření a popíši zde stroje a vybavení pracoviště. Při návrhu nejsou důležité jen stroje, ale také prostředí pro práci a bezpečnostní předpisy.

Obr. č. 13. Návrh pracoviště



Na obrázku č.13 *Návrh pracoviště* můžeme vidět rozložení strojů na pracovišti. Při návrhu nového pracoviště počítám s využitím stávajících strojů doplněné o nové. Co se týká rozvodů stlačeného vzduchu a elektřiny vše bude uzpůsobeno ve vrchní části haly. Pouze příklady ke strojům budou svedeny po nejbližším nosníku a vedeny podlahou, z důvodu bezpečnosti. V levé části obrázku je navržen stroj Multicut pro soustružení, který bude dále popsán níže. Ve střední části je možné vidět frézku, která se může využít stávající Emcomill, dále ohřev, lis, chladicí tunel a vyvažovačka, vše je zakresleno na obrázku ve spodní části. Dále pak v pravé části již vidíme soustruh SP430 s měřicím přístrojem a stolem pro obsluhu.

Rozložení strojů na pracovišti samozřejmě zůstane stejné podle návrhu, pouze se změní postup a stroje pro určité typy zakázek. Pro abnormality AH90 až AH132 se pro soustružení hřídelí využije na pracovišti nový stroj Multicut 500I, který je popsán níže, frézování zajistí stávající stroj Bush a soustružení rotorů provede taktéž již zakoupený stroj SP30. Abnormality AH160 až AH200 budou vyráběny na stroji Multicut 500I.

Základní provedení AH90 a AH100 bude mít následující výrobní postup zarovnání hřídelů podle stávající technologie výroby, hřídele pomocí SP280, frézování stávajícím strojem Emco, který je řešen v kapitolách výše, celkový rotor rovněž na stroji SP280. Pro provedení AH112 a AH132 se mění pouze typ stroje pro hřídele a to SP430 a pro celý rotor využijeme stávající stroj SP30. AH160 až AH200 se bude vyrábět v kooperaci.

Na podlahu kolem strojů využijí průmyslové rohože typu Safe Link. Tyto rohože mají využití u obráběcích center, těžších provozů, k soustruhům a frézám. Díky velké hmotnosti je zaručena stabilita. Díky své pružnosti snižuje bolest páteře, kloubů a nohou. Díky otvorům v rohoži vzniká drenáž pro odvod tekutin a zaručuje protiskluzovou ochranu a tím i čistotu na pracovišti. Krajiní díly disponují náběhovou hranou pro vjezd vozíků a zabezpečují ochranu proti zakopnutí. Jednotlivé díly se spojují nalisovanými zámky. Materiál je přírodní guma s obsahem nitrilu pro prostředí s výskytem olejů a chladicí emulze. Celkové rozměry jedné desky jsou: celková výška 22 mm, délka 1570 mm, šířka 980mm a hmotnost 20 kg. [23]

Nahřívací pec bude opatřena odvětráváním z důvodu působením vysokých teplot, které působí na zbytkové kapaliny, jako jsou chladicí emulze ulpělé na povrchu. Toto odvětrání bude vyvedeno mimo výrobní halu s použitím předepsaných filtrů. Důležitý je prostor mezi stroji pro manipulaci a obsluhu, jako je údržba, vyvážení odpadních materiálů (špon) a manipulace s materiálem. Všechny volné prostory budou navrženy pro konkrétní požadavky výrobce strojů a bezpečnostní předpisy.

7.1.1. SP Line 430

Tento stroj je číslicově řízený soustruh, který využijeme pro návrh nového pracoviště. Vysoká tuhost stroje zaručuje vysoký kroutící moment na vřetenu a výkonné soustružení. Stroj využívá řídicí systém SIEMENS-SINUMERIK 840Dsl. Valivé vedení zaručuje obrábění s vysokou pevností. [24]

Stroj je v provedení s koníkem a dolním suportem, kde je umístěna nástrojová hlava, pro kterou je možnost umístění pomocné lunety. Zařízení zaručuje univerzální a hospodárné obrábění hřídelí. Spodní hlava je uložena na kluzném vedení. Hlavní pohon je přenášen na vřeteno řemenovým pohonem s dvojstupňovou převodovkou. Luneta je určená pro podepření štíhlých obrobků, je možnost její demontáže. [24]

Geometrická a pracovní přesnost je dle normy ISO13041. Oběžný průměr nad ložem 680 mm a nad příčným suportem 480 mm. Obráběný průměr z dolní hlavy může být maximálně 430 mm a maximální délka obrobku 1100 mm. Hmotnost obrobku s upínačem letmo 400 kg a hmotnost s koníkem 800 kg. Výkon motoru hlavního pohonu je možné mít ve dvou provedeních 28 a 42 kW. Stejně je to i s kroutícím momentem, který je 1403 a 2106 Nm. Pro maximální otáčky vřetene je stejná hodnota a to 3150 min^{-1} . Pro náhon osy C je maximální kroutící moment dle typu 327 a 500 Nm, otáčky vřetene má stroj 30 min^{-1} . Osy X1 a X2 přímého odměřování mají rychloposuv $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuvovou sílu 8 kN. Osy Z1 a Z2 pro nepřímé odměřování disponují stejným rychloposuvem jako osy X1 a X2. Liší se v maximální posuvové síle, která je pro Z1 15 kN a pro Z2 12 kN. Osa Y1 s rychloposuvem $25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuvovou silou 17 kN je též pro nepřímé odměřování. Rozsah upnutí lunety je od 8-100 mm. Stroj bude vybaven dopravníkem třísek, s tímto zařízením má celkovou délku 5591 mm, šířku 2594 mm a výšku 2402 mm. [24]

Pracovní prostředí musí splňovat určité podmínky. Pracovní přesnost stroje se dosáhne za teplot $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximální kolísání teplot na pracovišti je od $+15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+35 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Důležité je zamezit účinkům prachových částic jako je vodivý prach a jiné. [24]

Příslušenství stroje je rozmanité. Pro navrhované pracoviště je standardně vybaveno nástrojovými hlavami, pomocnou lunetou na spodní hlavě, programovatelným koníkem, přímým odměřováním v ose X1 a X2, upínacím válcem průchozím, dopravníkem třísek a nářadí pro obsluhu. Pro údržbu je dále potřeba průvodní dokumentace podle typu systému, Ethernet a Flash paměť. Pro úpravu vzduchu je nutné zajistit přívod vzduchu. [24]

Obr. č. 14. Stroj SP 430 Y 2 [24]



7.1.2. Multicut 500I

Je stroj, který se řadí mezi soustružnicko-frézovací centra. Umožňuje na jedno upnutí frézovat, vrtat i soustružit. Díky těmto funkcím je dosaženo maximální produktivity. Stroj lze pořídit ve dvou provedeních a to s protivřetenem nebo s koníkem. Synchronizace pohybů nástrojového a pracovního vřetená splňuje podmínky pro závitování, soustružení, vrtání, zapichování, vyvrtávání, vrtání, frézování vaček, frézování, obrázení ozubení i drážek, odvalování ozubení, broušení a měření. Při doplnění stroje lunetou lze obrábět i štíhlé hřídele. Standard je pětiosé provedení s mimoosým opracováním a pětiosým frézováním. [27]

Provedení s protivřetenem umožňuje obrábění s obou stran na jedno upnutí s automatickým přepnutím obrobku. Obrobkové vřeteno je poháněno řemenovým náhonem od asynchronního motoru s dvojstupňovou převodovkou. Nástrojové vřeteno s osou B pohání průvlakový motor chlazený vodou. Osa C je přiklápěna se synchronním pohonem s harmonickou převodovkou. [27]

Pevné i poháněné nástroje jsou umístěny ve velkokapacitním řetězovém zásobníku. Pro dobrý přístup do pracovního prostoru, před stroj i za něj je ovládací panel umístěn na otočných ramenech. Signalizační maják je umístěn na nejvyšším místě stroje pro jeho lepší viditelnost. Všechny důležité části pro údržbu a kontrolu jsou umístěny v levé části, kromě nádrže na chladicí kapalinu. Řezný a seřizovací proces je možno sledovat díky velkým oknům v pracovním prostoru. [27]

Dále zde uvádím některé nejdůležitější technické parametry. Maximální průměr soustružení je 690 mm a délka obrábění 1600 mm. Maximální hmotnost s upínačem 1000 kg a sklíčidlo s hrotem při otáčkách maximálně 3000 min⁻¹ 2500 kg. Obrobková vřetena S1 a S2 mohou obrábět maximální průměr z tyče 122 mm a mají výkon vřetene 28 kW. Kroutící moment vřetene S1 a S2 je 2000 Nm s maximálními otáčkami 2800 min. V zásobníku nástrojů je místo až pro 81 nástrojů s průměrem 150 mm. Délka nástroje nesmí překročit 350 mm a 8 kg. Automatický výměna nástroje trvá 3 sekundy. Celkové rozměry stroje jsou 7425x3950x3760 mm a maximální váha 24 000 kg. Zařízení je opatřeno řídicím systémem Sinumerik 840 D. [27]

7.1.3. SP 280

CNC soustruh je uzpůsoben pro průměry až 280 mm a maximální délku 570 mm. Na trhu je až pět variant pro každé odvětví a požadavky firem. Vysokou tuhost stroje zajišťuje robustní základ a lože. Vysoký obráběcí výkon umožňují vřetenové jednotky. Výkonná osa C a dynamiku funkcí vřetena poskytuje synchronní vřetenový motor. [27]

7.1.4. Optický měřicí přístroj MTL 850 Ergon S

Dalším zařízením umístěným na pracovišti je optický měřicí přístroj MTL 850. Tento přístroj bych mohl zařadit do kapitoly měření materiálu, která je psána níže, ale přístroj je specifický pro toto navrhované pracoviště, proto jej uvádím zde.

Přístroj slouží k měření broušených a soustružených dílů přímo na pracovišti, je uzpůsoben pro velké rozměry obrobků. Výhody stroje spočívají v tom, že odstraňuje čekací časy z důvodů seřizování CNC center a snižuje dobu měření na minimum, což se uplatní při zahájení nového typu výroby. Největší výhodou je provádění měření přímo na pracovišti bez nutnosti přenášení dílů do zkušebních laboratoří. Díky nastavitelnosti parametrů stroje před výrobou předchází výrobě vadných kusů. Shrnu-li výhody přístroje tak zaručuje značné úsporu času a nákladů, snižuje zmetkovitost na pracovišti a zvyšuje výkon CNC centra. [25]

Měřicím přístrojem lze provádět statická měření, jako jsou střední průměry koule, vzdálenosti a úhly mezi přímkami a body, poloměry, délky, úhly a průměry. Další funkcí je měření závitů, u kterého se měří stoupání, délky závitů a další. Pro geometrická měření můžeme využít možnost měření kolmosti, rovnoběžnosti a symetrie. Pro naši výrobu je důležitá funkce měření házivosti, válcovitosti, souososti, a jiné. [25]

Zařízení umožňuje zakládání těžkých dílů díky širokému vstupnímu otvoru, tomuto zakládání napomáhá i otevřená horní část. Veškerá čidla jsou v nečinnosti zatažena pod úroveň pracovní plochy a tím se chrání proti poškození. Vrchní upínací část je zesílena pro absorbování rázů při manipulaci s obrobkem. Vstupní otvor není opatřen dvířky, bezpečnost zajišťuje fotobuňka, tento princip je užitečný pokud počítáme s robotizovanou linkou. Senzory snímají teplotu okolí a tím eliminují vliv kolísání teplot. Všechny obvody a funkční plochy přístroje jsou odolné proti olejům, které se běžně vyskytují na pracovišti. [25]

Důležité je zmínit parametry přístroje, které jsou nedílnou součástí při rozhodování o koupi. Maximální rozměry dílu, který lze do přístroje umístit je 870x180 mm. Obrobek

nesmí překročit váhu 30 kg a měřitelné rozměry jsou 870x120 mm. Vertikální snímání má rychlost 80 mm/s a rotační 180°/s. Celková váha stroje činí 250 kg s rozměry 600x800x1650 mm. Stroj je běžně napájen 230 V – 50/60 Hz. [25]

Obr. č. 15. Optický měřicí přístroj MTL 850 [25]



7.2. Bezpečnostní zásady při manipulaci s materiálem

Při manipulaci s materiálem pracovník nesmí podcenit manipulační činnost a přecenit své schopnosti. Manipulační prostředky a stroje nepřetěžujeme. Komunikační a manipulační trasy musí zůstat volné v dostatečné míře pro průjezdnost a průchodnost. Při manipulaci s materiálem používáme stanovené pracovní postupy a ochranné pomůcky. [14]

Při ruční manipulaci musíme odstranit nadbytečné úkony a usnadnit si práci. Důležitou součástí je dodržovat zásady zvedání, ukládání a přenášení materiálu. Pro snadnější přepravu je vhodné, aby těžiště břemene bylo co nejbližší k tělu. Přemísťování mezi pracovišti po vodorovné trase by mělo zůstat pokud možno ve stejné výšce. Materiál skladovaný ve stohu musí být stabilní, aby nedošlo k jeho pádu. Ruční manipulační prostředky tlačíme zezadu, táhneme za oje zepředu, ale nikde ne z boku. [14]

Dopravní zařízení ovládají pouze oprávnění zaměstnanci. Kontrola a údržba se provádí za klidu stroje. Signalizační a bezpečnostní zařízení nevyřazujeme z funkce. Při činnosti dopravníku nevstupujeme ani nepodlézáme. Při prokluzu či zastavení přetíženého dopravníku nepomáháme ručně jeho chodu. [14]

Manipulační motorové vozíky smí řídit pouze zaškolený zaměstnanec. Řidič zodpovídá za upevnění a uložení nákladu a za dodržení zatěžovacího diagramu. Nesmí přepravovat osoby. Při jízdě naklopíme zdvihací zařízení vzad. Zdvižené břemeno nepodcházíme ani se nepohybujeme v jeho blízkosti. [14]

7.3. Manipulace s materiálem na pracovišti

Pro manipulaci s materiálem po pracovišti se využívá lidské síly, mostového jeřábu, ručních a motorových vozíků. Typy manipulačních zařízení, které budou, nebo jsou použity na pracovišti jsem uvedl níže, i s nejdůležitějšími parametry pro pracoviště. Důležité jsou hlavně rozměry z důvodu použití v uličkách mezi pracovišti a nosnost pro přepravovaný materiál.

7.3.1. Permanentní zvedací magnety BUX

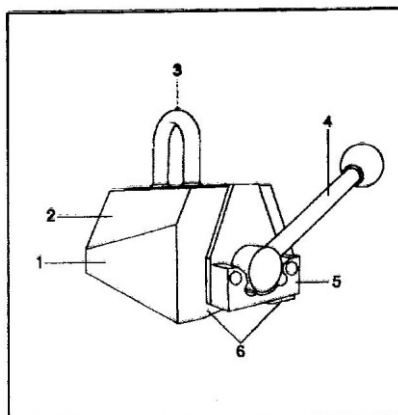
Zařízení slouží k zavěšení na hák jeřábu pomocí oka umístěného na magnetu. Pomocí permanentního magnetu dokážeme přepravovat materiál. Pro pracoviště využijí typ Neo 500 s délkou 246 mm, šířkou 120 mm a výškou 164 mm. Hmotnost zařízení je 20 kg. Testovaná hmotnost byla 1500 kg, jmenovitá zvedací kapacita pro plochý materiál je 500 kg a kapacita pro kruhové profily je 250 kg. [15]

Z důvodů použití magnetu by se zařízením neměli pracovat osoby se srdečním stimulatorem. V některých případech může být snížena nosnost zařízení. Například při vytvoření vzduchové mezery, poškozením břemene nebo magnetu, přeprava nepevného předmětu, délka a šířka také ovlivňuje nosnost. [15]

Pro zařízení NEO 500 jsou dány parametry nosností pro určité materiály. S 11373 při 100% je nosnost 500 kg, ocelolitina 90% 450 kg, nerezová ocel 50% 250 kg, šedá litina 45% 224 kg a nikl s 10% 50 kg. [15]

Obr. č. 16. Části zvedacího magnetu [15]

1. Návod + typový štítek
2. Magnet
3. Závěsné oko
4. Rukojeť
5. Aretace
6. Pólové nástavce



7.3.1.1. Bezpečnost a obsluha

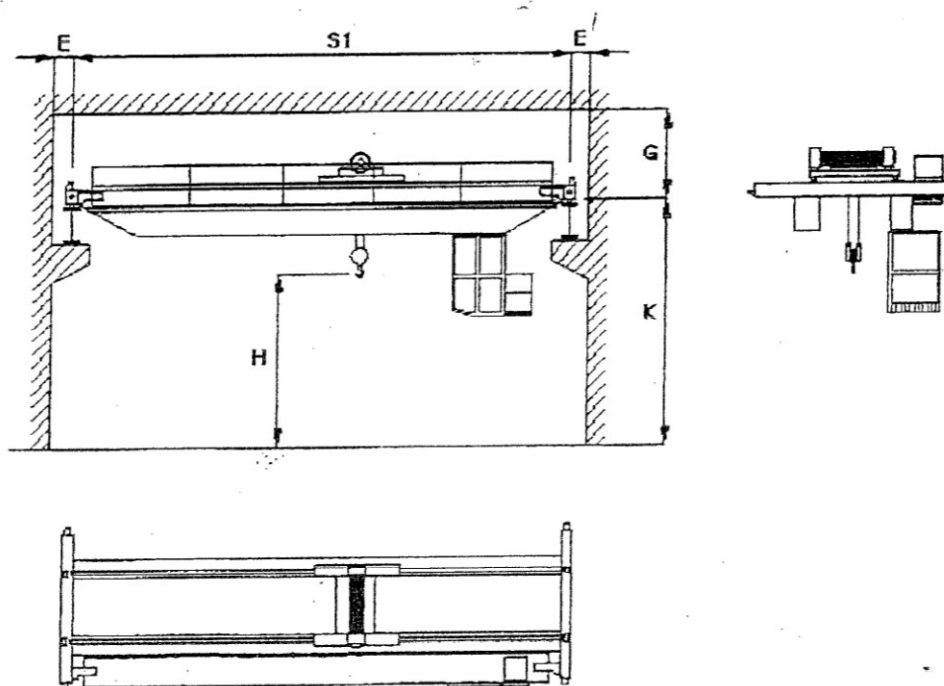
Je zakázáno současně zvedat více předmětů, břemena nezvedáme za menší stranu, nepokládáme magnet dlouhou stranou podélně na předmět a rukojeť neuvolňujeme, dokud není zajištěna v koncové pozici. [15]

Před započítím práce zkontrolujeme magnet, očistíme pólové nástavce a styčné plochy. Poloha během zvedání musí být horizontální, a co nejpřesněji určíme těžiště předmětu. Spouštění magnetu se provádí povytáhnutím rukojeti magnetu směrem nahoru. Předmět zvedneme o několik centimetrů a ujistíme se, že břemeno drží. Předmět následujte a držte ho za okraj. Nesmíme dopustit srážku nebo rozkývání. Po přesunu položíme předmět na pevný podklad a magnet vypneme přemístěním rukojeti. [15]

7.3.2. Jednonosíkový mostový jeřáb

Tento jeřáb je umístěn nad navrhovaným pracovištěm, je poháněn elektrickou energií, pomocí dvou nezávislých elektromotorů s kotvou nakrátko DeMAG ZBF 63A 8/2. Motory zaručují pohon pomocí převodovek DEMAG AME 10DD jednoho ze dvou kol na každé straně jeřábu. Příčné i hlavní nosníky jsou z oceli 11 375.1. Ovládání zajišťuje závěsný ovladač, který je nezávisle posuvný podél jeřábu na ve shrnovacím ústrojí. Pro kladkostroj je použit typ DEMAG EKDH 208. Nosnost mostu je 3,2 t, rozpětí 22,2 m, rozvor 3 m, rychlost pojezdu 5/20 m/min, celkový příkon 3,18 kW, provozní napětí 400 V a napětí ovládací 230 V. [16]

Obr. č. 17. Mostový jeřáb [16]



7.3.3. Řetězový kladkostroj Demag

Je zavěšen pomocí pojezdové kolejničky na hlavník nosníku jeřábu. Řetěz kladkostroje je vyroben z vysoko pevnostního materiálu, který je odolný proti stárnutí a má velkou povrchovou tvrdost. Řetěz je galvanicky pozinkován a opatřen dostatečnou ochranou proti agresivním médiím. Pohon řetězu se skládá z řetězového vodítka s uzavíracím třmínkem a šestičlankového hnacího řetězového kola. Převodovka je koaxiální s dvěma převodovými stupni, díky olejovému mazání je dobrý odvod tepla. První stupeň má převodové kola se šikmými zuby pro snížení hlučnosti. Další součástí je kluzná třecí spojka, která je umístěna v ozubeném kole prvního stupně. Spojka je ochranou proti přetížení. Nejdůležitější část je zvedací motor, zde je použit motor s posuvným rotorem a brzdou. Motor má jednu rychlost, případně je opatřen mikrozdvihem. [17]

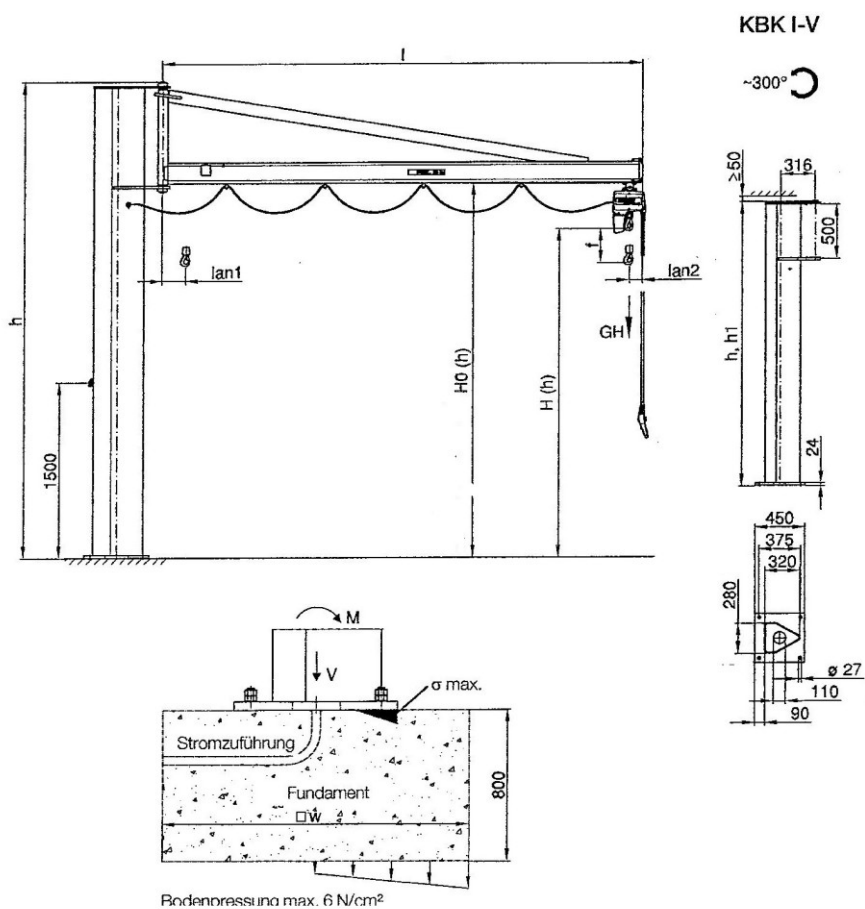
Elektrické vybavení stroje se dodává s přímým řízením. Závěsné nářadí je v provedení s jednou nebo dvěma větvemi řetězu. Řetězový zásobník je upevněn na

kladkostroji a je z pružného materiálu. Provozní koncový spínač zaručuje vypnutí kladkostroje v mezních polohách. [17]

7.3.4. Sloupový jeřáb KBK I-V

Součástí pracoviště bude sloupový jeřáb společnosti Demag typ KBK I-V. Celková výška jeřábu je 3625 mm, výška od podlahy k nosníku bude 3100 mm, délka ramene pro kladkostroj 4060 mm a maximální zatížení 250 kg. Pro ovládání bude použito stejnosměrného ovládacího kabele. Na obrázku č. 15. je znázorněno schéma jeřábu s ukotvením do podlahy pracoviště. Ve spodní části obrázku je vidět na které části podstavy působí jaké síly a že největší síla je rozložena v pravé části, kde působí na podlahu 6 N na cm². Pro náš typ použijeme ukotvení pomocí šroubů M24. Napájení je řešeno podlahou středem sloupu. [18]

Obr. č. 18. Sloupový jeřáb KBK I-V [18]



7.3.5. Elektrický tříkolový vysokozdvížený vozík EFG-DF 16 L

Elektrické vysokozdvížené vozíky budou využity z důvodů obratnosti, ekologie, hlučnosti a bez potřeby větrání hal z důvodu zplodin. Využití je možné jak venku tak v halách. Dvumotorový přední pohon zajišťuje pohyb i na hladkém povrchu a svazích. [19]

Stanoviště řidiče je uzpůsobeno bezpečnostním předpisům a pohodlí obsluhy. Z kabiny je dostatečný rozhled, volant je nastavitelný a vozík je opatřen integrovaným ovládáním pro pokládání, zvedání, klaksonem a změnou směru jízdy. Přístrojová deska je opatřena digitálním počítadlem provozních hodin, textovými varovnými hlášeními a indikátorem vybití baterií. [19]

Přední pohon je řešen dvumotorově s planetovým/čelním ozubeným převodem a lamelové brzdy. Motory mají výkon 2x 4 kW, zvedací 12 kW a řízení 0,8 kW. Baterie má 660 Ah, dvojitá zdvihací konstrukce neboli zdvih ZT 3300 mm, rychlost jízdy bez nákladu 16 km/h a s nákladem 15 km/h. Rychlost zvedání nákladu 0,42 m/s, rychlost pokládání je konstantní pro zátěž i bez zátěže a to 0,55 m/s. Maximální tažná síla s nákladem 9300 N, bez nákladu 8350 N. Hmotnost vozíku bez nákladu je 2900 kg. Maximální šířka s paletou podélně je 3455 mm. [19]

7.3.6. Elektrický ručně vedený vysokozdvížený vozík se zdvihem ramen kol

Tento manipulátor je kombinací vozíku s plošinou pro řidiče a ručně vedeného vozíku. Pojezdový motor je napájen střídavým proudem 24 V. Zdvih ramen kol zajišťuje překonání terénních nerovností a přepravu dvou palet současně. Rampa pro obsluhu je odpružená a zajišťuje přepravu při delších vzdálenostech. Systém Curve Control zaručuje snížení rychlosti při zatáčení. [21]

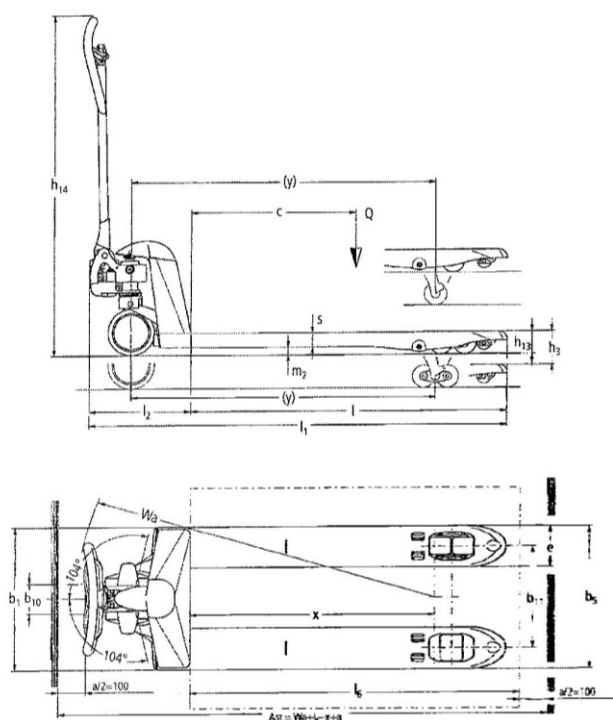
Vozík má nosnost břemene až 1,6 t s těžištěm břemene 600 mm a odstupem břemene 910 mm. Rozvor náprav 1592 mm a celková hmotnost včetně baterie je 1320 kg. Stavební výška při spuštěném sloupu 1950 mm, standardní zdvih 2800 mm, celková délka 2081 mm a celková šířka 800 mm. Vozík je opatřen hnacím motorem o výkonu 2,8 kW a zdvihovým motorem o celkovém výkonu 3 kW. Proto je spotřeba energie 1,7 kWh/h. [21]

7.3.7. Ruční paletovací vozík Jungheinrich

Typ AM 2200 je ideální pro přepravu materiálů na krátké vzdálenosti, není vhodný pro zvedání do výšek, pouze pro přepravu po pracovišti. Vozík je určen pro leváky i praváky při použití jedné ruky. Rychlozdvih zaručuje nadzvednutí palety do světlé výšky za pomoci pumpování. Řídící mechanismus zaručuje manévrovatelnost v úzkých uličkách mezi pracovišti. [20]

Ovládání jak bylo již řečeno je ruční s nosností břemene 2,2 t, těžiště břemene 400 mm, odstup břemene 535 mm a rozvor náprav 755 mm. Hmotnost vlastního zařízení 51 kg, zdvih 122 mm, při nadzvednutém vozíku je světlá výška 205 mm a při spuštěném 83 mm. Celková délka 1165 mm a maximální šířka 680. [20]

Obr. č. 19. Ruční paletovací vozík [20]



7.3.8. Další manipulační technika

V tabulce 3. Porovnání další manipulační techniky je porovnání jednotlivých zařízení, která lze také využít pro manipulaci s materiálem na pracovišti.

Tabulka 3. Porovnání další manipulační techniky

Výrobce	Jungheinrich	TOYOTA	BT	TOYOTA
Označení	EFG 216	8FBET16	SPE160L	8FBET18
Pohon	Elektrický	Elektrický	Elektrický	Elektrický
Ovládání	Vsedě	Vsedě	Ručně vedený	Vsedě
Nosnost břemene (t)	1,6	1,6	1,6	1,8

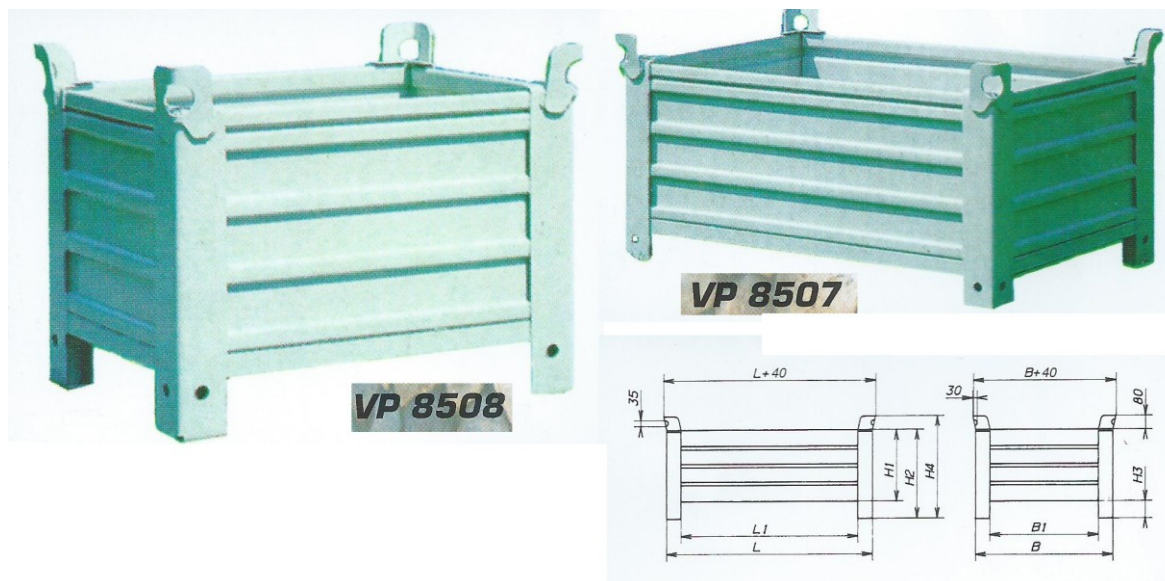
Vlastní hmotnost (kg)	3057	2961	1060	3195
Zdvih (mm)	3000	3265	2260	3265
Výška spuštěného zdvihového zařízení (mm)	2000	2150	1745	2150
Celková délka (mm)	3145	2998	2068	3005
Celková šířka (mm)	1060	1050	790	1050
Rychlost jízdy (km/h)	16	16	7	16
Hnací motor výkon (kW)	4,5	6,6x2	1,7	6,6x2
Zdvihový motor výkon (kW)	11,5	11	3	11

Všechny zde uvedené zařízení mají podobné parametry, a proto je lze využít všechny. Rozhodovacím kritériem bude tedy cena a poskytovaný servis.

7.3.9. Skladování materiálu na pracovišti

Skladování materiálu (kulatiny, hřídele a rotory) probíhá v těžkých paletách typu VP 8508 a VP 8507 firmy Transpa cz. Typ 8507 je paleta s rozměry 1200x800x648 mm, hmotnost palety 80 kg, nosnost 2000 kg a stohovatelnost 20000 kg. Typ 8508 je menší s rozměry 800x600x648 mm, hmotností 56 kg, nosností 1000 kga stahovatelností 7000 kg.

Obr. č. 20. Použité palety na pracovišti



7.4. Měření materiálu na pracovišti

Důležitým úkonem na pracovišti je měření materiálu a obrobků z důvodů přesné výroby, snížení zmetkovitosti a seřízení strojů pro určité typy výrobků. Přímou na pracovišti jsou nejdůležitější měřicí prostředky posuvná měřítka pro zjištění délek, pro přesnější výrobu můžeme pracoviště vybavit i výškoměry a hloubkoměry, mikrometry pro zjištění průměrů. Pro kontrolory je též důležité měření drsnosti povrchu. V této kapitole se zaměřím na některé typy měřících prostředků vhodné pro navrhované pracoviště a popíši jejich technické údaje. Firma Siemens používá přístroje od firmy Mitutoyo, proto budu z této volby vycházet i pro nové pracoviště.

7.4.1. Třmenové mikrometry

Pro použití na pracovišti je možné použít jak analogový tak digitální mikrometr. Před začátkem měření zkontrolujeme typ, přesnost a rozsah měření pro dané aplikace. Důležité je aby obrobek i mikrometr měli pokojovou teplotu a tím se zamezilo nepřesnosti měření z důvodů roztažnosti materiálu. Vždy se musíme na mikrometr dívat zpřímá,

odečítání ze stupnice pod úhlem zhoršuje přesnost měření. Pevný a vřetenový dotek před měřením otřeme papírkem a nastavíme nulový bod. [22]

Pro použití na pracovišti můžeme zvolit mikrometr QuantuMike s ochranou IP-65. Tento měřicí přístroj zaručuje rychlé měření se stoupáním 2 mm na každou otáčku bubínku. Je vybaven dvojitou funkcí řehačky v bubínku, která zaručuje jednoduchou obsluhu. Rozsah měření přístroje je od nejmenšího typu 0-25 mm, po 75-100 mm. [22]

7.4.2. Posuvná měřítka a výškoměry

U posuvných měřidel jsou stejné typy jak u mikrometrů a to analogové nebo digitální. Použití je spíše pro měření délek, ale i průměry nebývají problém. Výškoměry jsou zařízení statické, bývají na pevné podložce, většinou opatřeny dvěma sloupky, na kterých se pohybuje měřicí hlavice.[22]

Absolute digimatic série 500 je posuvné měřítko se standardní konstrukcí a plynulým pohybem jezdce. S posuvným kolečkem mají určité typy rozsah od 0-100 mm do 0-300 mm. Bez posuvného kolečka jsou rozsahy stejné. [22]

Obr. č. 21. Posuvné měřidlo [22]



Digimatic HD-A série 192 je digitální výškoměr standardní se dvěma sloupky. Rýsovací jehla z tvrdokovu a struktura sloupek zajišťuje přesnost měření. Z přístroje je možný výstup SPC dat. Rozsah měření je od nejmenších typů 0-300 mm po největší s 0-1000 mm. [22]

7.4.3. Přístroje na měření drsnosti povrchu

Tyto přístroje využijí hlavně kontroloři v laboratořích pro kontrolu předepsaných drsností. Přímo na pracovišti nejsou optimální podmínky pro jejich umístění a obsluha strojů nemá dostatečný čas pro jejich využití. Pro dílenské využití se hodí přenosné přístroje, naopak pro laboratoře přesnější stacionární.

Drsnoměry Surftest SJ-210 jsou nejmenší přístroje pro použití na pracovišti. Je vybaven barevným 2,4“ LCD displejem, ovládání pomocí tlačítek na vrchní straně a tlačítek pod krytem. Disponuje až deseti podmínkami měření a jeden profil lze uložit do paměti. Možnost připojení přídatných karet rozšiřuje ukládání podmínek a profilů. [22]

Formtracer Extreme CS-5000 CNC je naopak jeden z největších multifunkčních měřících přístrojů pro drsnost. Využití má v laboratořích s hlídanou teplotou. Kombinovaný přístroj dokáže měřit drsnosti povrchu současně s profilem. Přístroj se jednoduše ovládá panelem s dvěma joysticky. [22]

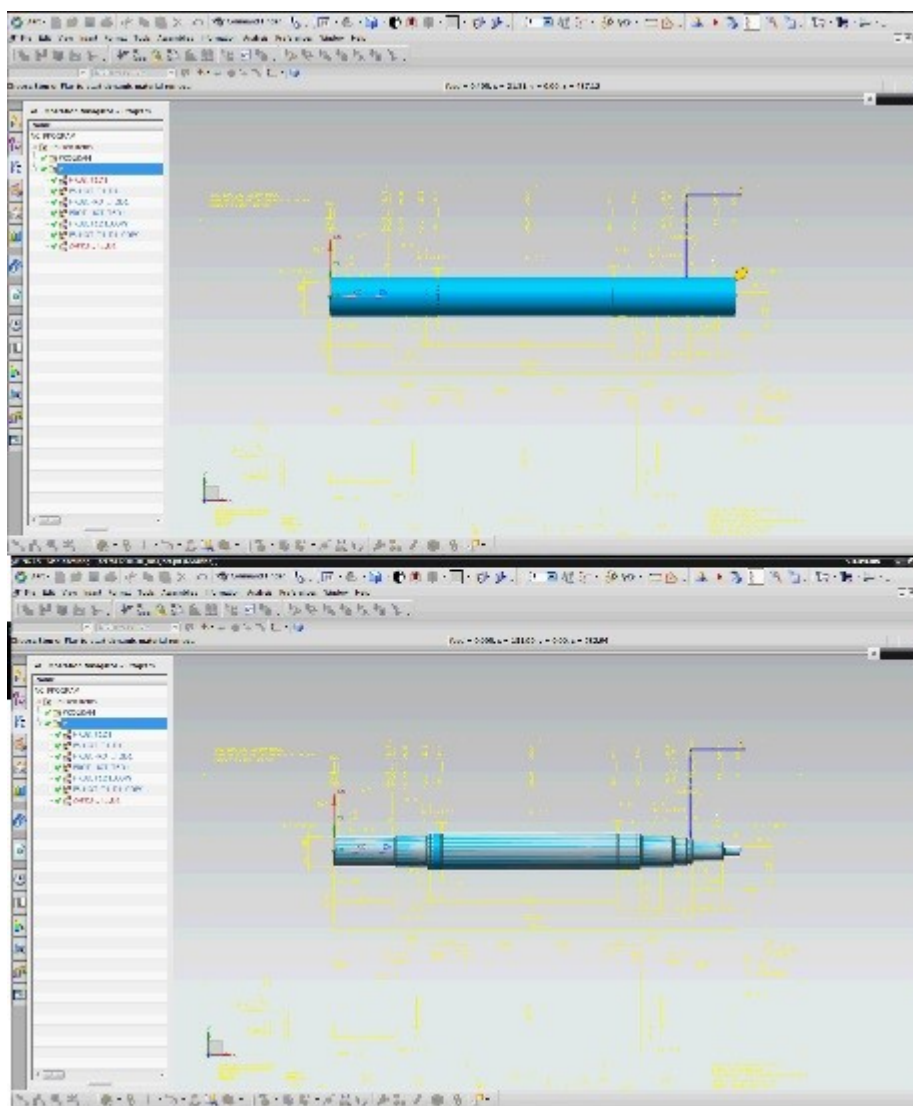
8. 3D simulace obrábění hřídele na pracovišti

V Příloze č. 1. *Video 3D simulace obrábění hřídele*, bakalářské práce můžete vidět video z 3D simulace hřídele v obráběcím cyklu. Na obrázku č. 22, který je screenshot ze zmíněného videa je vidět počáteční tvar a velikost hřídele (vrchní část obrázku) a konečný tvar po provedené operaci (spodní část obrázku). V animaci můžete vidět celý proces

včetně výměny nástrojů a změny směru obrábění. První operací je hrubování pravé části obrobku, poté při změně nástroje stroj přechází do střední části a postupuje směrem vlevo. Po dokončení střední části opět nastane změna nástroje a stroj pokračuje v činnosti zleva do prava. Po vysoustružení pravé části obrobku probíhá změna nástroje a dokončí se obrobená plocha pravé strany. Opět změním nástroj po přejetí do nulové polohy a dokončí se tvar pravé části. Po změně nástroje se pomocí dokončovacího nože upraví pravá strana. Stroj změní nástroj na upichovací nůž a provede zápich v pravé části obrobku.

Simulace jsem provedl v programu NX 7.5 Manufacturing. Program NX se hodí jak pro obrábění, tak spousty jiných technologických úkonů a nabízí řešení pro obrábění součástí od řídicích jednotek CNC po CAM.

Obr. č. 22. 3D simulace před a po soustružení



9. Stanovení parametrů výroby

Parametry výroby jsou nejdůležitější částí při navrhování pracoviště. V této kapitole se zaměřím na výrobní kapacity, strojní časy a další. Vždy k určitému typu výrobku vypíši nejdůležitější údaje.

Jako variantu výpočtů jsem určil soustružení a frézování zvlášť. Kapacity jednoho stroje pro hřídele, rotory a přířez jsou stejné a to pracovní dny v roce 253, počítáme s 3 směnným provozem, každá směna probíhá 7,5 hodiny a ztráty jsou kolem 5%. Celková kapacita proto bude 5408 hodin. Potřeba strojů pro výrobu přířezu je celkem 0,45 ks. [26]

Kapacita pro výrobu AH160, kdy pro výrobu 9703 kusů máme celkový čas 10674 minut s přírůžkou 15% je celkový čas 12275 minut což je 205 hodin. Z těchto údajů nám vyplývá potřeba strojů 0,04 a potřeba směn 0,11. Pro linku AH180 je kapacita 21200 kusů s celkovým časem plus přírůžka 15% 87768 minut což činí 1463 hodin. Proto je potřeba strojů vyšší a to 0,27 a potřeba směn 0,81. Pro kapacitu AH200 bylo vypočítáno 9810 kusů s celkovým časem 46252 minut (771 hodin), potřebou strojů 0,14 a potřebou směn 0,43. Celková potřeba směn je 1,35 a maximální kapacita kusů 90299. [26]

Stejně výpočty se řešili i pro linku AH90 – 132 ABN. Potřeba strojů pro výrobu hřídelí celkem je 1,7 ks. V *tabulce 4. Kapacita AH 90-200* řeším podobné parametry jako v odstavci výše. Důležitým předpokladem pro správnou výrobní linku je využitá kapacita. V mém případě se kapacity linek pohybují kolem 85 %, což můžeme brát za přijatelný výsledek. Co se týče linek pro základ AH90 – 100, tak maximální kapacity se pohybují v 228 441 Ks, potřebná kapacita je 180 854 Ks z čehož vyplývá využitá kapacita 79,17 % Ks. Protikladem pak je dvojestrojová obsluha na dvou pracovištích, kde maximální kapacita činí 112 944 Ks a potřebná kapacita je 128 284 Ks proto se ve využití kapacitě pohybujeme nad 100% přesněji 113,58 % Ks. [26]

Tabulka 4. Kapacita AH 90-200 [26]

	AH 90	AH 100	AH 112	AH 132	AH 160	AH 180-200
Kusy celkem	47256	42461	25490	27527	9703	31010
Seřízení/ směna	113 min	113 min	113 min	113 min	113 min	113 min
Čas celkem (min)	53312	63967	39280	50491	37488	175399
Přirážka seřízení (%)	25	25	25	25	25	25
Max. kapacita	55542	49906	29959	32353	11092	35448
Potřeba hodin	889	1066	655	842	625	2923
Potřeba strojů	0,22	0,26	0,16	0,21	0,15	0,72
Potřeba směn	0,66	0,79	0,48	0,62	0,46	2,16
Potřeba směn	1,45		1,11		2,62	
Maximální kapacita	167 761 Ks				46 540 Ks	
Potřebná kapacita	142 733 Ks				40 713 Ks	
Využitá kapacita	85,08 % Ks				87,48 % Ks	

Co se týče nástrojů tak zde vybírám dva nejdůležitější a to nástroj pro hrubování. Nástroj (T1D1) typ DNMX R1,2 4325 od výrobce Sandvik coromant. Tento nástroj má parametry: A_{pmax} 3mm, A_{pmin} 1 mm, rychlost V_c 305 m/min, S_{lims} 3000 ot/min, f 0,4 mm/ot a přídavek pro soustružení na hotovo 1,2 – 1,5 mm. Druhý nástroj je (T4D1) DNMX WF R0,8 4325 od výrobce Sandvik coromant s parametry: A_{pmax} = 1,5 mm, A_{pmin} = 1,2 mm, V_c = 335 m/min, S_{lims} = 3000ot/min, f = 0,2 mm/ot. [26]

10. Posouzení a vyhodnocení rizik

Mezi největší rizika při návrhu a pozdější realizaci pracoviště patří správné rozmístění strojů a přídatných zařízení. Při nesprávném posouzení navrhovaného řešení může docházet k častým úrazům na pracovišti nebo dřívějšímu vysílení pracovníků z důvodů nadbytečných úkonů. Pokud zjistíme rizika po realizaci pracoviště je důležité tyto chyby buď odstranit, nebo zajistit preventivní opatření, aby nedocházelo k případným problémům. Odstraněním problémů mám na mysli přemístěním určitých strojů na výhodnější místo, pokud je to možné nebo řádné poučení a upozornění zaměstnanců na změnu technologie a dílenských postupů řádným proškolením. Těmto problémům však je nutno zabránit již při návrhu. Hodnocení rizik mohu přistupovat v krocích. Prvním bodem je vždy určení rizik a ohrožení osob, vyhodnocená rizika seřadím dle priorit a rozhodnu o preventivním opatření. Tyto opatření předám pověřeným osobám, tedy pracovníkům a dále monitoruji a přezkoumávám rizika.

V odstavci výše jsem se zabýval riziky všeobecně, dále se zaměřím konkrétně na návrh pracoviště. Co se týče navrhovaného pracoviště, je zde několik rizik s ohledem na bezpečnost pracovníků. Nebezpečí úrazu rotujícími částmi fréz a soustruhů je eliminováno bezpečnostními dveřmi. Před lisováním hřídele do svazku rotoru je nutné rotor nahřát v peci, zde nastává riziko popálení pracovníka. Vše se řeší náležitým poučením a použitím ochranných pomůcek. Další problém může nastat tepelným ovlivněním přístrojů kolem nahřívací pece. Těmto rizikům předchází již od výrobce pece nainstalovaná tepelná izolace a dostatečný prostor mezi pecí a ostatními zařízeními. Pro ochranu zdraví je nutné rovněž prostor odvětrávat. Vedle pece pro nahřívání musí být dostatečný prostor pro přenos zahřátého rotoru k lisu, z důvodů bezpečnosti a chladnutí. Proto rizikem jsou nevhodně umístěné palety a pracovní stoly, které by překážely manipulaci. Další riziko při návrhu pracoviště je lidský faktor. Pokládání materiálu a beden mimo vyznačená místa může zapříčinit poškození strojů, zranění obsluhy nebo zamezit úniku personálu při evakuaci z místa postižené požárem. Nad pracovištěm se pohybuje mostový jeřáb, který by svojí činností mohl ohrozit personál a strojní vybavení, proto musíme dbát na správnou manipulaci s těmito zařízeními a využívat je dle zásad bezpečnosti práce. Toto riziko se vztahuje na všechny manipulační prostředky využívané na pracovišti, jako jsou vysokozdvíhací vozíky a již zmiňovaný sloupový jeřáb. Proto uličky mezi pracovišti uzpůsobíme těmto standardům.

Shrnutí rizik spojených s návrhem pracoviště: nedostatečná ochrana ve strojích, nekvalitní materiály, nevhodně umístěné stroje, nedostatečný pracovní a únikový prostor, naopak velké rozestupy mezi stroji a vzájemné tepelné ovlivnění strojů. Těmto rizikům předejdeme důkladným návrhem pracoviště, použitím kvalitních materiálů, využití zkušeností z předchozích návrhů a dostatečnou komunikací s dodavateli, pracovníky a externími poradci.

11. Technické a ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

11.1. Ekonomické zhodnocení

Tato kapitola se zabývá ekonomickou stránkou věci. Pokusím se zde nastínit veškeré výdaje a úspory spojené s navrhovaným pracovištěm. Co se týče nákupu stroje SP 430 Y2, pro tento stroj nebude potřeba většina nabízených přídatných součástí, jelikož těmito zařízeními již firma disponuje.

Investice do celého navrhovaného pracoviště bude 124,4 mil. Kč. Při rozdělení této částky do jednotlivých položek získáme seznam. Pro soustruh Multicut bude celková cena 27 mil. Kč. Další položkou je 6x soustruh SP430 v celkové hodnotě 37,2 mil. Kč. Menším výdajem pro 2 kusy soustruhu SP280 je částka 6 mil. Kč. Dalšími zařízeními důležitých pro pracoviště: fréza 4,2 mil. Kč, zarovnávačka 15 mil. Kč, zarovnávačky 3x celkové ceny 20 mil. Kč. Vystružení, ohřev, lis, chladicí tunel a vyvažovačka vše po 3 kusech s výdaji za kus 1 mil. Kč. [26]

Co se týče úspor, jsou plánovány ve dvou krocích. Prvním krokem je úspora hřídele v Mohelnici za 30 674 261 Kč, kdy bude probíhat kooperace. Dále přířezy dodavateli za 3 140 117 Kč taktéž pomocí kooperace. Druhým krokem je Jednice za 8 221 154 Kč, DNC síť 106 260 Kč, brusné kotouče 1 379 714 Kč, údržba 1 606 449 Kč, kapaliny 285 552 Kč, nástroje 1 mil. Kč, seřízení 1 mil. Kč, poruchy 200 000 Kč a ochranné pomůcky 233 387 Kč. Pokud shrnu všechny úspory, které přinese navržené a realizace pracoviště, celkově by se mělo ušetřit 50 265 040 Kč, což není zanedbatelná částka. [26]

11.1.1. Cenové specifikace stroje SP 430 Y 2

Jako příklad ceny jednotlivých zařízení zde uvádím podrobnější seznam částek pro jeden stroj, pro ostatní navrhované stroje se samozřejmě částky liší dle technologie, výrobce a dalších aspektů. Samotný stroj pro práci na pracovišti bude stát 6 976 000,- Kč. Pro toto zařízení je rovněž nutné dokoupit příslušenství. Zejména tedy hrot do koníka Morse 5 za 3500,- Kč, hrot do koníka 13 900,- Kč, čerpadlo 17 barů s filtrem 44 200,- Kč, ruční oplach 2900,- Kč, odsávání par FX 4000/1100 jehož cena činí 82 000,- Kč. Pro bezpečnost je možno dokoupení automatického odsouvání krytu za 38 900,- Kč. Dále popsaná přídatná zařízení se budou řešit až po stanovení dalších parametrů výroby. Mezi tyto zařízení patří zdvihací zařízení 79 500,- Kč, pístový kompresor 60 000,- Kč, výklopný kontejner 19 300,- Kč a kontrola nástrojů 131 600,- Kč. [24]

11.2. Technické zhodnocení

Po technické stránce lze hodnotit navržené technologie a zařízení pracoviště. Oproti stávajícímu pracovišti, kde se musely rotory dodatečně přebroušovat pro docílení požadované drsnosti, u nového pracoviště tato povinnost odpadá díky navrženým postupům a strojům, které zvládnou obrobit materiál v požadované kvalitě. Díky tomuto zlepšení se zkracují výrobní časy, tím se snižují náklady na výrobu a obsazení pracovišť zaměstnanci. Omlazení strojního parku zvýší kvalitu vyráběných součástí. Všechny vylepšení mají i své zápory. Novější technologie vyžadují kvalitnější nástroje, důkladnější údržbu strojů a proškolení zaměstnanců.

Z hlediska strojního parku je navržené pracoviště vhodné pro požadovaný druh výroby. Jak již bylo psáno výše stroj SP 430 je schopen obrábět průměry až 430 mm, s délkou 1100mm a váhou 400 kg. Tyto parametry postačují na všechny druhy rotorů a hřídel vyráběných ve firmě. Stroj Multicut 500I s maximálním průměrem pro obrábění 690 mm, délkou 1600 mm a váhou obrobku 1000 kg převyšuje požadavky na pracovišti. SP 280 je pro obrábění menších rozměrů, průměr do 280 mm a délka 570 mm. S těmito parametry pro obrábění počítáme a stroj bude využit na osově výšky AH 90 a AH 100. Co se týče měřících prostředků, při nákupu ručních měřidel využijeme zkušeností ze

stávajícího pracoviště a pro optický měřicí přístroj jsem zvolil MTL 850 Ergon S z důvodů možností měření až 870 mm dlouhých hřidelí, s průměrem 120 mm a hmotností do 30 kg. Sloupový jeřáb s nosností 250 kg dostačuje našim požadavkům a zvedací magnet s nosností 250 kg taktéž. Mostový jeřáb nad pracovištěm uzpůsobený pro 3200 kg dokáže splnit požadavky na manipulaci s paletami.

Závěr

Náplní této bakalářské práce bylo navrhnout pracoviště obrábění hřídelí elektromotoru bez broušení, kdy hlavním cílem bylo snížení nákladů, zkvalitnění výroby a omlazení strojního parku. V úvodní části jsem se zabýval charakteristikou problému, nastínil několik konceptů návrhů autonomností pracovišť a popsal firmu Siemens s její výrobou. Následoval popis postupu výroby hřídelí s broušením a popsání stávajícího pracoviště. Nejdůležitější část práce byl samotný návrh pracoviště, kdy jsem se zaměřil na výběr vhodných strojů. Z práce vyplynulo, že bude vhodné použít některé stávající stroje a doplnit je stroji vhodnými pro obrábění bez broušení, jako je SP430, SP280 a Multicut 500l. Pro návrh bylo rovněž důležité zajistit odpovídající měřicí přístroje, kde splnil požadavky na rychlost a přesnost optický měřicí přístroj MTL 850 Ergon S. Manipulace s materiálem je vyřešena pomocí sloupového jeřábu, který bude sloužit pro přemístění obrobku po pracovišti, dále mostový jeřáb pro přepravu v určité části haly a mezi pracovišti využiji vysokozdvizné vozíky. Dalším bodem bylo stanovení parametrů výroby, zde jsem uvedl strojní časy a kapacity pro několik výrobních řad od AH90 s kapacitou 85,08 % ks až po AH200 s kapacitou 87,48 % ks. V praktické části řeším 3D simulaci obrábění hřídele, kdy popisuji jednotlivé úkony a změny nástrojů. V posouzení a vyhodnocení rizik se zabývám hlavně bezpečností po navržení pracoviště a tepelným ovlivněním strojů. Posledním bodem práce bylo technické a ekonomické zhodnocení. V ekonomickém hodnocení se řeší jednotlivé ceny navrhovaných strojů a vybavení. Celkové náklady se pohybují kolem 124,4 mil. Kč a předpokládané úspory 50 265 040 Kč. Cíl této bakalářské práce navrhnout nové pracoviště bez broušení se podařil. Díky novým technologiím přináší kvalitnější výrobky, úsporu manipulace a snížení nákladů. Navrhované pracoviště po podrobnější konzultaci je možné využít pro výrobu i jiných výrobků než jsou hřídele elektromotoru.

Použitá literatura

- [1] SIEMENS, s.r.o., *Profil společnosti* [online]. 2013 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/onas/Pages/profil_spolecnosti.aspx
- [2] SIEMENS s.r.o., *Odštěpný závod Elektromotory Mohelnice*. [online]. 2013 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx
- [3] API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, *Průmyslové inženýrství*. [online]. 2012 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/101/>
- [4] KRIŠŤAK, Jozef. Jidoka. In: *IPA Czech, s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/jidoka>
- [5] SPT 16 NC. In: *Difak* [online]. 2008, 2014 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: <http://www.difak.cz/index.php?pid=48>
- [6] ZAH 620 CNC. In: *CZ.TECH Čelákovice, a.s.* [online]. 2013 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.cztech.cz/index.php/cz/zah-620-cnc>
- [7] EMCOMILL E900. In: *SELOS, s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.kovo-stroje.sk/stroje/stroje-emco/centra/3-ose/E900/>
- [8] Elektromotor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>
- [9] SIEMENS, s.r.o. *Standard pro barevné označení komunikací, ploch a zón*. Mohelnice, 2012.
- [10] CZ.TECH ČELÁKOVICE A.S. *SP 12 CNC*. Čelákovice, 2007.
- [11] KOVOSVIT. *SPT 16 NC: Návod k obsluze pro soustružnický poloautomat*. Tábor, 1987.
- [12] EMCO MAIER. *Popis stroje: Emcomill E900*. C2009-05. Rakousko, 2009.
- [13] LOSMA. *Darwin: Model 2000*. Itálie, 2004.

- [14] Národní informační centrum BOZP. *Zásady bezpečnosti práce při manipulaci s materiálem* [online]. 2007 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/manipulace.pdf>
- [15] WALKER PILANA MAGNETICS. *Návod k obsluze a údržbě: Permanentní zvedací magnety BUX*. Hulín, 2014.
- [16] MANNESMANN DEMATIC. *Jednonosíkový mostový jeřáb 3,2t x 22,2m*. Ostrava, 2000.
- [17] MANNESMANN DEMATIC. *Řetězové kladkostroje DK*. Slaný, 2014.
- [18] DEMAG. *Údaje o KBK I-V*. Německo, 2013.
- [19] JUNGHEINRICH. *Elektrický tříkolový vysokozdvížený vozík EFG-16 L*. Čestlice, 2013.
- [20] JUNGHEINRICH. *AM 2200: Ruční paletovací vozík*. Modletice, 2005.
- [21] JUNGHEINRICH. *ERC 216z: Elektrický ručně vedený vysokozdvížený vozík*. Modletice, 2011.
- [22] MITUTOYO. *Informace o produktech* [online]. 2014 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.mitutoyo.cz/>
- [23] MANUTAN S.R.O. *Průmyslová rohož Safe Link* [online]. 2012 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: http://www.manutan.cz/prumyslova-rohoz-safe-link_M835003.html
- [24] KOVOSVIT MAS. *SP Line 430*. Sezimovo Ústí, 2014.
- [25] Kuboušek. VICIVISION. *Optický měřicí přístroj MTL 850 Ergon S* [online]. 2010 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/page/pro-rotacni-dily/mtl-850-ergon-s>
- [26] SIEMENS. *Podklady parametrů výroby*. Mohelnice, 2014.
- [27] KOVOSVIT MAS, a. s. *MULTICUT 500I POWER* [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-soustruzeni/multifunkcni-obrabeci-centra/multicut-500i-power>
- [28] Citace.com. *Online citace* [online]. 2014 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://generator.citace.com/dok/Dk8csHe1fOq1irtn>
- [29] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.

[30] NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABÁČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.

[31] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábaní, I. časť – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.

[32] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábaní, II.časť – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7

[33] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábaní, III.časť – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Seznam obrázků

Obr. č. 1. Porovnání 1 člověk – 1 stroj, systém Jidoka [4].....	12
Obr. č. 2. Výroba elektromotorů Mohelnice a Frenštát p. R. [2]	13
Obr. č. 3. Ukázka elektromotoru SIEMENS s.r.o.[1]	17
Obr. č. 4. Automatizovaná pásová pila Kaltenbach KB 305NA ve firmě SIEMENS s.r.o. .	18
Obr. č. 5. Stroj VZAH 620 ve firmě SIEMENS s.r.o.....	19
Obr. č. 6 Plán E900 [12]	23
Obr. č. 7. Broušení hřídelí strojem Junker EJ 30 ve firmě SIEMENS s.r.o.	25
Obr. č. 8. Vzorové pracoviště Siemens s.r.o .[9].....	26
Obr. č. 9 SPT 16 NC přeprava [11].....	30
Obr. č. 10 Transport stroje Emcomill E900 [12]	31
Obr. č. 11 Vrtací schéma pro uložení E900 [12]	32
Obr. č. 12 Instalace zařízení Darwin 2000 [13].....	33
Obr. č. 13. Návrh pracoviště	34
Obr. č. 14. Stroj SP 430 Y 2 [24]	37
Obr. č. 15. Optický měřicí přístroj MTL 850 [25]	40
Obr. č. 16. Části zvedacího magnetu [15].....	42
Obr. č. 17. Mostový jeřáb [16]	44
Obr. č. 18. Sloupový jeřáb KBK I-V [18].....	45
Obr. č. 19. Ruční paletovací vozík [20].....	48
Obr. č. 20. Použité palety na pracovišti	50
Obr. č. 21. Posuvné měřidlo [22]	51
Obr. č. 22. 3D simulace před a po soustružení	53

Seznam tabulek

Tabulka č. 1. Důležitá data v historii závodu

Tabulka č. 2. Technické parametry stroje SPT 16 NC

Tabulka č. 3. Porovnání další manipulační techniky

Tabulka č. 4. Kapacita AH 90-200

Seznam příloh

Příloha č. 1. Video 3D simulace obrábění hřídele