

Optimalizace výrobního procesu náboje rotoru

Bc. Lenka Řehořová

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Lenka Řehořová
Osobní číslo:	T19788
Studijní program:	N0788A270002 Výrobní inženýrství
Studijní obor:	Stroje a nástroje pro zpracování polymerů a kompozitů
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Optimalizace výrobního procesu náboje rotoru

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte rešerši k danému tématu.
2. Analyzujte současný stav výroby náboje rotoru.
3. Navrhněte optimálnější výrobní postup s ohledem na vyšší produkci.
4. Porovnejte původní a novou technologii výroby.
5. Vypracujte ekonomické zhodnocení.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

KOCMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 9788072047222.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3. dopl. vyd. Praha: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.

NEBORÁK, Ivo a Václav SLÁDEČEK. Elektrické pohony [CD-ROM]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1493-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Adam Škrobák, PhD.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta: Bc. Lenka Řehořová

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem práce je návrh optimalizace technologie výroby náboje rotoru, za účelem zvýšení produkce, ve vybrané strojírenské firmě. V teoretické části je zpracována literární rešerše teoretických a praktických poznatků z elektrických strojů, teorie obrábění, technické přípravy výroby a výrobních postupů.

V praktické části je provedena analýza současného stavu technologie výroby náboje rotoru a vyhodnocení nejméně produktivní operace. Na základě této analýzy a průzkumu možností na trhu je navržena nová technologie, která vede ke zvýšení produkce výroby náboje. Důležité je dodržení požadavku zákazníka na množství vyráběných kusů.

Klíčová slova: náboj rotoru, frézování, obrábění, produktivita

ABSTRACT

The aim of this thesis is suggestion of optimization of the rotor hub production technology, in order to increase production, in the particular engineering company. In the theoretical part there is an elaborate literary research of theoretical and practical knowledge of electrical machines, machining theory, technical preparation of production and production processes.

In the practical part, an analysis of the current state of rotor hub production technology and evaluation of the least productive operation is performed. Based on this analysis and research of market opportunities, a new technology is proposed that leads to increased production of ammunition. It is important to comply with the customer's request for the number of manufactured pieces.

Keywords: rotor hub, milling, productivity

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ELEKTRICKÉ STROJE	10
1.1 GENERÁTORY	10
1.2 TRANSFORMÁTORY	11
1.3 MOTORY	12
1.4 ASYNCHRONNÍ MOTOR	13
1.4.1 Princip činnosti	13
1.4.2 Konstrukce	15
1.4.3 Výroba asynchronního motoru	19
2 TEORIE OBRÁBĚNÍ	22
2.1 SOUSTRUŽENÍ	22
2.2 FRÉZOVÁNÍ	23
2.2.1 Kinematika procesu	24
2.2.2 Stroje pro frézování	26
2.2.3 Nástroje pro frézování	27
2.3 VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ	29
2.3.1 Kinematika procesu	30
2.4 HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ	32
2.4.1 Kinematika procesu obrázení	33
2.4.2 Stroje pro obrázení	35
2.4.3 Nástroje pro obrázení	35
2.5 PROTAHOVÁNÍ A PROTLAČOVÁNÍ	36
2.6 BROUŠENÍ	37
3 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	39
3.1 ČLENĚNÍ TPV	40
3.1.1 Konstrukční příprava výroby	40
3.1.2 Technologická příprava výroby	40
3.1.3 Projektová příprava výroby	41
3.1.4 Tendence dalšího rozvoje a řízení přípravy výroby	42
3.1.5 Technologická dokumentace přípravy výroby	42
3.2 TYPOLOGIE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ	43
3.2.1 Typy výroby podle počtu kusů	43
3.2.2 Uspořádání pracovišť	44
4 VÝROBNÍ POSTUPY	46
4.1 DRUHY VÝROBNÍCH POSTUPŮ	46
4.2 ČLENĚNÍ VÝROBNÍCH POSTUPŮ	48

II PRAKTICKÁ ČÁST.....	49
5 STANOVÉNÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	50
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN	51
6.1 HISTORIE SPOLEČNOSTI	51
6.2 VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI	52
6.3 STROJE PRO VÝROBU NÁBOJE ROTORU	55
6.3.1 Obrážička ST 350	55
6.3.2 WHN 13	56
7.1 PŘEDMĚT STUDIE.....	57
7.2 SOUČASNÝ STAV VÝROBY.....	58
8 NAVRHOVANÁ TECHNOLOGIE	65
8.2 VÝPOČET PRO POUŽITÍ ÚHLOVÉ HLAVY	68
8.2.3 Celkový čas opracování drážky.....	72
8.2.4 Přípravek	73
9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	78
ZÁVĚR	81
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	84
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	86
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	88
SEZNAM TABULEK	90
SEZNAM VZORCŮ.....	91
SEZNAM PŘÍLOH	92

ÚVOD

Pro dosažení obrobků určitých tvarů, rozměrů a jakosti povrchu se používá technologický proces obrábění. Obrobky mohou být zhotovovány pomocí technologií třískového obrábění nebo nekonvenčních technologií. Všechny tyto technologie se neustále modernizují a zdokonalují. Přispívají k tomu nové metody výroby, modernější stroje a zvyšující se kvalita nástrojů.

Současná situace na trhu je plná konkurence, proto se výrobci snaží mít co nejefektivnější procesy výroby. Je důležité vyhovět požadavkům zákazníků na termíny dodání, cenu ale i kvalitu výroby. Dodavatelé se snaží uspokojit poptávku současných zákazníků a také získávat nové zákazníky. Dodavatelé musí být schopni operativně reagovat na požadavky zákazníků i případné změny požadavků u výroby dílů, na které již zakázky získali. Problémem může být požadavek na navýšení produkce výroby. Při snaze splnit požadavky zákazníka může být nutná optimalizace procesu výroby a změna výrobní technologie.

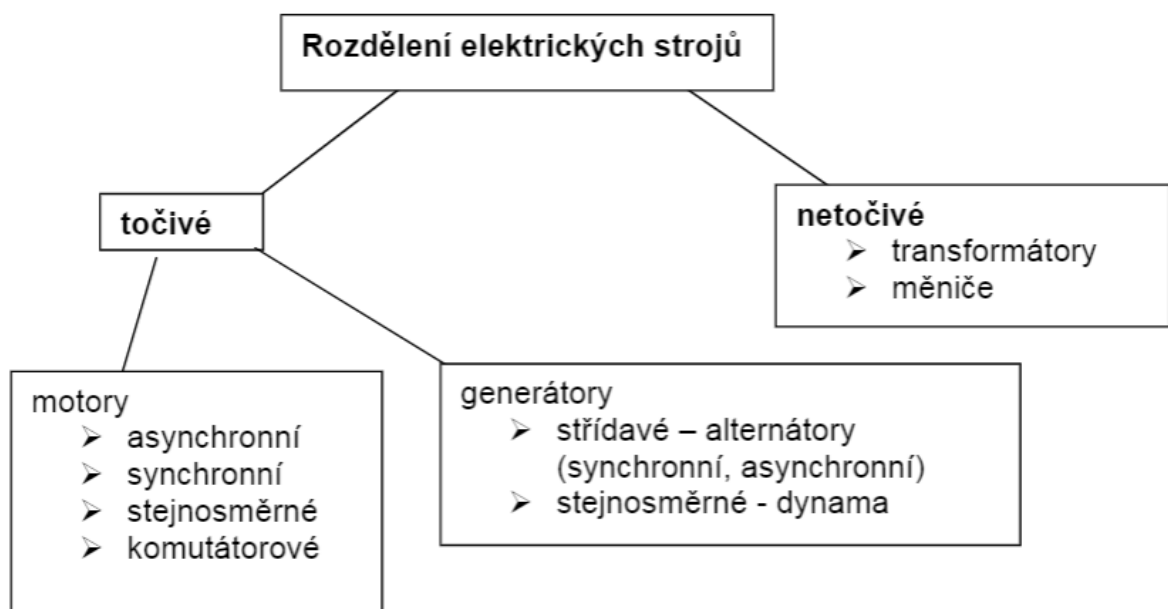
Má diplomová práce navrhuje novou produktivnější technologii výroby vnitřní drážky pro pero v náboji rotoru ve formě TES, z důvodu požadavku zákazníka na navýšení produkce. Tento návrh předpokládá navýšení produkce dílu se zachováním nákladů a pokrytím možných nutných investic do vybavení. Vše za předpokladu dodržení kvality a přesnosti výroby.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ELEKTRICKÉ STROJE

Tato kapitola uvádí přehled a stručný popis elektrických strojů. Díl, jehož výroba bude řešena v praktické části této práce, je součástí rotoru asynchronního motoru. Úvodní kapitola si klade za cíl přiblížit základní rozdělení elektrických strojů, zejména pak motorů pracujících v asynchronním režimu/zapojení.

Elektrický stroj je zařízení používané na přeměnu elektrické energie elektromagnetickou indukci. Pomocí těchto strojů je možné měnit mechanickou energii na elektrickou (generátory), elektrickou energii na mechanickou (motory) nebo měnit parametry vstupní elektrické energie na požadované parametry výstupní elektrické energie (transformátory).



Obr. 1 Rozdělení elektrických strojů [5]

1.1 Generátory

Generátor je elektrický stroj vyrábějící (tedy přesněji přeměňující z jiného druhu energie) elektrickou energii. Dělí se na alternátor, vyrábějící střídavý elektrický proud, a na dynamo, vyrábějící stejnosměrný elektrický proud.

Mechanická energie pro výrobu elektrické energie pomocí generátoru může být dodávána např. turbínou nebo motorem. Hlavními částmi generátoru jsou stator a rotor. Rotor je točivou částí stroje, který vytváří točivé magnetické pole. Stator, ve kterém jsou umístěny cívky, je statickou částí. V cívkách statoru je magnetickým polem indukováno elektrické napětí. Podle konstrukce lze generátory rozdělit na generátor s vyniklými póly tzv.

hydrogenerátor a generátor s hladkými póly tzv. turbogenerátor. Hydrogenerátory jsou pomaloběžné, typicky použité ve vodních elektrárnách poháněné vodní turbínou. Turbogenerátory jsou rychloběžné a typicky je pohání parní turbína v tepelných elektrárnách. [12]



Obr. 2 Generátor [7]

1.2 Transformátory

Transformátory se používají ke zvýšení nebo snížení napětí elektrického zdroje. Transformátor je elektrický netočivý stroj umožňující přeměnu střídavého napětí. Základem fungování transformátoru je Faradayův zákon elektromagnetické indukce, který říká, že napětí indukované ve smyčce je přímo úměrné změně magnetického toku. Transformátory se skládají z primárního a sekundárního vinutí. Proud procházející primárním vinutím vyvolává indukci napětí v sekundárním vinutí vlivem působení proměnlivého magnetického toku.



Obr. 3 Transformátor [5]

1.3 Motory

Motor je elektrický stroj, který mění druhy elektrické energie na mechanickou energii. Podle zdroje energie je lze rozdělit na stejnosměrný motor, krokový motor, asynchronní motor, synchronní motor. Motory využívají vzájemného silového působení magnetického pole a elektrického proudu, který prochází cívkou. Důsledkem tohoto působení je točivý moment, který je přenášen na poháněné zařízení.



Obr. 4 Motor [7]

1.4 Asynchronní motor

Asynchronní stroje mohou pracovat v režimu motorickém, generátorovém nebo brzdovém. Nejčastějším případem elektrického asynchronního stroje je asynchronní motor, který se používá pro převod elektrické energie na mechanickou. Výhodou a také důvodem častého využití právě asynchronních motorů je jejich jednoduchost a nenáročná údržba, poměrně dobrá spolehlivost a relativně nízká pořizovací cena. Výkon těchto strojů může být od wattů až po desítky megawattů.

Asynchronní motory se používají pro pohon průmyslových strojů, domácích spotřebičů i k pohonu dopravních prostředků. Vzhledem k tomu, že většina běžných použití těchto strojů vyžaduje možnost regulace otáček a omezení proudových nárazů při zapínání je nutné použití polovodičových měničů pro odstranění této nevýhody. Další nevýhodou asynchronních strojů je obtížná regulace rychlosti, proto se používají převážně k pohonu zařízení pracujících při konstantní rychlosti (např. čerpadla, ventilátory, jeřáby, výtahy, pásové dopravníky, kompresory, důlní a stavební stroje). Tyto motory lze také použít v případech, kde je rychlost ovládána převodovou skříní (např. obráběcí stroje).

1.4.1 Princip činnosti

Asynchronní stroje fungují na základě vzájemného elektromagnetického působení točivého magnetického pole statoru a proudů, které jsou tímto polem vytvářeny ve vinutí rotoru. Základem tedy je indukce napětí a proudů ve vinutí rotoru.

Principem funkce asynchronního stroje je točivé magnetické pole, to si lze představit jako pole permanentního magnetu, který se otáčí konstantní rychlostí. V elektricky stojícím vinutí statoru se vytvoří točivé magnetické pole, které indukuje napětí a proudy v rotoru. Indukce v rotoru je možná pouze při rychlosti asynchronní oproti synchronní rychlosti točivého pole statoru. V případě synchronní rychlosti rotoru s rychlostí točivého magnetického pole by měl stroj nulový moment, neindukovalo by se napětí a rotorem by neprotékal proud.

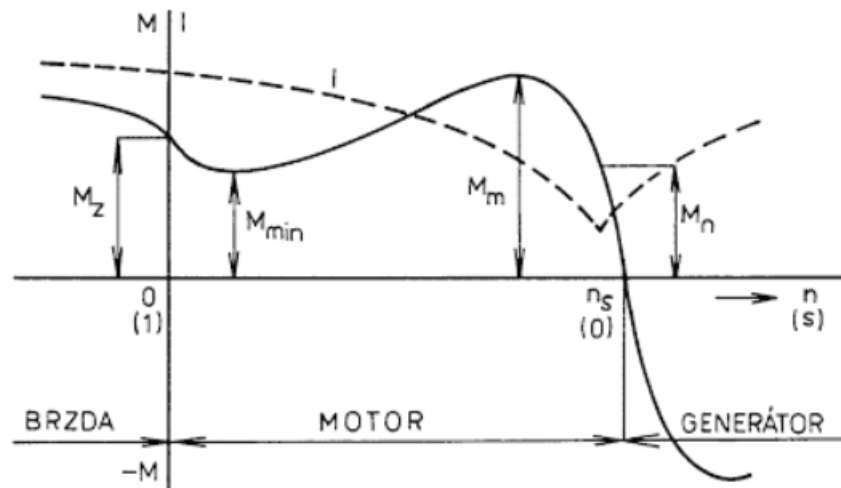
Proudy v uzavřeném obvodu rotoru jsou vyvolány indukcí napětí při rozběhu stroje. Důsledkem těchto proudů je síla, v tomto případě moment, působící proti změně, která jej vyvolala tj. proti vzniku proudů v rotoru. Působením síly je roztočen rotor ve stejném smyslu otáčení jako točení točivého magnetického pole, kvůli snížení rychlosti protínání

vodičů rotoru točivým polem, velikosti indukovaného napětí a proudu v rotoru. Vzniklá elektrická energie se přeměňuje v mechanickou a stroj pracuje jako motor.

Při chodu na prázdno je motor zatížen momentem ztrát na prázdno na hřídeli. Jedná se prakticky o moment mechanických ztrát. Nulový moment rotoru nevzniká ani při chodu na prázdno, protože rotor nedosáhne synchronní rychlosti s rychlostí točivého magnetického pole. Zvětšováním brzdícího momentu na hřídeli dochází ke zpomalení rotoru. V důsledku zpomalení rotoru se zvýší rychlost protínání vodičů rotoru točivým polem, které vzniká ve statoru. Působením brzdícího momentu se dosáhne indukování většího napětí v rotoru, protékání většího proudu a vzniká větší moment motoru. [6]

Momentová charakteristika

Momentová charakteristika asynchronního motoru udává závislost momentu síly (otáčivého momentu) na skluzu.



Obr. 5 Momentová charakteristika [5]

M_z – záběrný moment, M_n – jmenovitý moment, M_m – moment zvratu (maximální),
 n_s – jmenovitý skluz.

$$M = F \cdot r \text{ [Nm]} \quad (1)$$

M – moment síly [Nm],

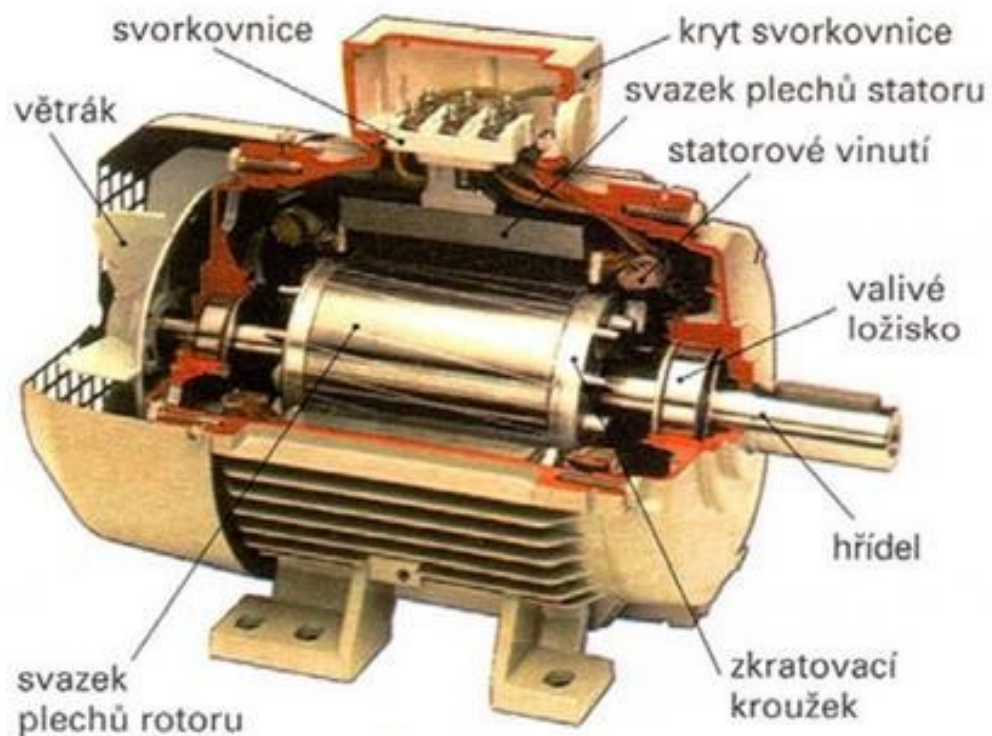
F – síla působící na rotor [N],

r – poloměr rotoru [m].

Rozběh motoru probíhá se záběrným momentem M_z až do maximálního momentu M_m . Po celou dobu rozběhu je motor v nestabilním stavu. Malá změna zatížení způsobí velkou změnu otáček a motor se může zastavit. Do stabilního stavu se motor dostává po překonání maximálního momentu (tzv. momentu zvratu). Ve stabilním stavu pracuje motor ve svém jmenovitém stavu se jmenovitým momentem M_n se jmenovitými otáčkami n_n . V tomto stavu motor reaguje na změnu zatížení malou změnou otáček.

1.4.2 Konstrukce

Konstrukce asynchronních strojů je uzpůsobena tak, aby se vzájemným působením indukovalo napětí, které pomáhá převádět dodávanou elektrickou energii na mechanickou.



Obr. 6 Schéma asynchronního motoru [5]

Stator

Stator je statickou částí motoru. Je složen z jednotlivých plechů naskládaných na sebe tak, aby tvořily dutý válec. Plechy jsou raženy z tzv. “dynamoplechu“. Vnitřní kruhový průměr plechu má po obvodu drážky pro vložení vinutí. Vinutí, tedy cívky jsou vyráběny z různých kvalit či typů měděného drátu vytvarovaného do požadovaného rybinového tvaru cívek. Jednotlivé fáze vinutí bývají posunuty o 120° . Začátky i konce vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici. Ve svorkovnici se vinutí spojuje do hvězdy nebo do trojúhelníku.

Rotor

Rotor je točivou částí motoru. Rotor stejně jako stator je složen z vyražených plechů. Plechy rotoru mají drážky pro vinutí na vnějším průměru. Plechy jsou naskládány na hřídel nebo na náboj, který se umísťuje na hřídel. Vinutí rotoru může být provedeno dvojitým způsobem:

Kotva na krátko neboli klecové vinutí – vinuté je vloženo do drážek, na obou koncích je spojeno nakrátko kruhy, které tvoří klec. Nejčastějším materiálem vinutí je měď, ale může být použita i mosaz, hliník nebo jiné vodivé materiály.

Kroužkový rotor – izolované třífázové vinutí je z mědi. Vinutí je vloženo do drážek na vnějším obvodu rotorových plechů. Vinutí jednotlivých fází je navzájem posunuto o 120° . Začátky vinutí jsou spojeny do hvězdy, konce vinutí jsou vyvedeny ke třem kroužkům na hřídeli. Ke kroužkům dosedají uhlíkové kartáče (kontakty), od nich jsou vyvedeny vodiče na svorkovnici. Ke svorkovnici se připojuje sada spouštěcích rezistorů (přívody k rotoru neslouží k napájení, ale ke spouštění. Asynchronní motory se napájí pouze do statoru).

Rotor motoru je namáhán kroticím momentem, odstředivými silami, ohybem, tahem a tlakem. Podle určení se rotory skládají z různých komponent. Schematicky by se mělo jednat o tyto:

Hřídel

Hřídel je základním nosným prvkem rotoru. Běžnými materiály pro výrobu hřídelí jsou ocele. Podle požadavků na odolnost a zatížení bývají běžně používanými materiály:

- ocel 11 523 – pro rotory bez zvláštních požadavků na odolnost a zatížení
- ocel 15 142 – pro motory s větším zatížením, dynamickým namáháním nebo v případě požadavku na zakalení části či celé hřídele
- nerez – pro motory s požadavkem na korozní odolnost nebo nemagnetické vlastnosti hřídele. Materiál se používá vyžiháný, pokud je to možné, případně se provádí mezioperační žihání pro odstranění pnutí, aby nedocházelo k deformaci hřídele vnitřním pnutím.

Hřídel je rotujícím dílem, proto je kladen vysoký požadavek na symetrii jednotlivých částí, dodržení geometrických požadavků tvaru a polohy. Základními požadavky jsou:

- přímost 0,02 mm,
- válcovitost 0,01-0,02 mm,
- sousost 0,02 mm,
- symetrie prvku na osu hřídele 0,02 mm (většinou se jedná o drážku).

Přechody mezi jednotlivými průměry hřídele jsou tvořeny rádiusem pro eliminaci únavového lomu zejména na volném konci, kam je připojeno hnané zařízení, příruba spojky, řemenice nebo ozubené kolo. Většina povrchu hřídele je opracována s drsností $Ra\ 1,6\ \mu m$ nebo $Ra\ 0,8\ \mu m$. V případě vyšších požadavků na jakost a přesnost opracování

jsou hlavní plochy broušeny s drsností Ra 0,4 ÷ 0,8 μm. Jedná se zejména o průměr pro nasazení svazku rotoru, ložisek ventilátoru a volný konec hřídele.

Přesnost jednotlivých ploch je dle konstrukce a určení:

- plocha průměru pro paket IT7 tolerance přesahu dle velikosti stroje od 0,03 mm do 0,15 mm,
- plocha průměru pro uložení ložisek IT6 – IT7.

Náboj

Náboj nebývá částí rotoru vždy, používá se u speciálních případů rotorů, kde nelze paketovat plechy rovnou na hřídel. Důvodem může být požadavek na ventilaci svazku, kdy je použit žebrovaný náboj pro zajištění proudění vzduchu, nebo velikost hřídele, na kterou z důvodu velkých rozměrů nelze paketovat. Běžnými materiály pro výrobu náboje jsou ocele případně litina. Náboje je možné vyrábět z ocelové trubky, která se opracuje na požadovanou přesnost vnitřního i vnějšího průměru, nebo při vyšších sériích odlévat z litiny.

Svazek rotoru

Svazek rotoru je hlavní funkční část rotoru, ve kterém vzniká síla způsobující otáčení rotoru. Konstrukce rotoru může být s kotvou na krátko tvořenou klecí, která vzniká zalitím paketu hliníkem. Rotory s kotvou na krátko jsou převážně částí motorů pro běžné průmyslové použití. Druhou možností je konstrukce, kde je kotva s klecí na krátko vytvořena měděnými tyčemi, které jsou na čele spojeny měděným kruhem připájeným stříbrem. V případě skupiny rotorů s měděnými tyčemi se jedná o motory s většími výkony a pro zvláštní účely, například trakční motory lokomotiv.

V případě svazku jsou kladeny požadavky na tolerance přesnosti hlavně na válcovitost dutiny IT6 – IT7 kvůli přesahu pro nasazení na hřídel. Dále je nutné paket správně slisovat, aby mezi plechy nevznikaly vzduchové mezery, to je měřeno paketářským nožem. Další požadavek je na dodržení klínovitosti svazku. Klínovitost svazku vzniká z důvodu nerovných plechů, pro její odstranění nebo alespoň částečnou eliminaci se při paktování pootáčí plechy zpravidla po 90°.

Vinutí

Vinutí neboli cívka se vkládá do drážek statorů i rotorů. Cívka je složena z vodiče, který se tvaruje do rybinového tvaru. Vinutí může být jednovrstvé nebo vícevrstvé. Nejčastějším materiálem vinutí je měď. Vodič cívky by měl mít co největší rezistivitu, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám. Cívky lze podle proudu rozdělit na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční cívky.

Vzduchová mezera

Vzduchová mezera se nachází mezi magnetickými obvody statoru a rotoru. Potřebná velikost vzduchové mezery je závislá na výkonu stroje. Platí přímá úměra mezi velikostí vzduchové mezery a magnetickým odporem mezi státorem a rotorem. Čím menší je vzduchová mezera, tím menší je magnetický odpor, čímž se zlepšuje účinnost stroje. Běžnou velikostí vzduchové mezery je od 0,2 do 2 mm.

Další důležité části

Kostra – slouží k uložení statoru spolu s rotorem. Všechny dílčí části motoru jsou kostrou drženy pohromadě, aby bylo možné motor jako celek přemísťovat a upevnit na místo.

Ložiska - jsou používána pro snížení tření a umožnění otáčení hřídele. Ložiska jsou umístěna v ložiskových štítech.

Ventilátor – slouží k ochlazení motoru. Pomocí ventilátoru dochází v motoru k proudění vzduchu a tím je motor ochlazen.

Svorkovnice – slouží k rozebíratelnému propojení vodičů statoru.

1.4.3 Výroba asynchronního motoru

Výroba svazku rotoru začíná střížným lisováním plechů statoru a rotoru. Rotorové plechy se z pravidla střížně lisují z odpadu plechu statoru. V závislosti na požadovaném počtu kusů je možné použít různě produktivní technologie. V případě testovacích prototypů se používá pálení plechů na laseru. V případě vyšších počtů je možné střížné lisování obvodovým nástrojem pro vnější průměr plechu statoru a vnitřní průměr plechu rotoru. V plechu statoru dále pomocí drážkovacího nástroje vydrážkovat vnitřní průměr s drážkami pro vinutí a současně získat vnější obvod rotorového plechu. V plechu rotoru se dále na vnějším obvodu vydrážkují drážky pro vinutí. Pro nejvyšší série se při vystřihování používá postupový nástroj, který vystřihne kompletní plech na pár zdvihů.

Nejběžnějšími materiály pro plechy jsou izotropní plechy s přísadou křemíku v praxi nazývané „dynamoplechy“. Tyto „dynamoplechy“ se podle elektromechanických vlastností dělí na různé třídy, kde nejkvalitnější by byl typ „M250-“, a nejbližší obyčejné oceli by byl „M1000-“. V případě statorů z pólů bývá běžné použití také materiálu DC 01. Plechy se běžně používají v tloušťkách 0,35 mm, 0,5 mm, 0,65 mm a 1 mm. Izolaci plechů zajišťuje vrstva nátěru na obou stranách.

Jednotlivé plechy se skládají k sobě do statorových a rotorových svazků tzv. paketů. Paketovat plechy lze pomocí různých technologií. Pakety mohou být nýtované, v takovém případě jsou plechy k sobě spojeny pomocí kulatých nýtů v prostoru mezi vnějším a vnitřním obvodem. Průměr a množství nýtů je nutné volit s ohledem na minimalizaci narušení cesty magnetického toku. Podobné nýtování jsou pakety tzv. sponkované. V takovém případě je paket spojen pomocí ploché spony, která se umísťuje zpravidla na vnější část paketu, aby nenarušovala magnetický obvod. Další běžnou technologií je svařování paketů, kdy se plechy spojí po obvodu svarem v drážce pro svár. Další možností jsou pakety spékané, kdy se použije plechů se speciálním nátěrem tzv. „backlackem“ a v přípravku za působení tepla v peci se plechy spečou k sobě. Při paketování statorových plechů se používá přípravek, na který se plechy nasazují. V případě rotorových plechů je pro paketování možné kromě přípravku použít také paketování přímo na hřídel nebo na náboj rotoru, kam se plechy pakety nalisováním s přesahem.

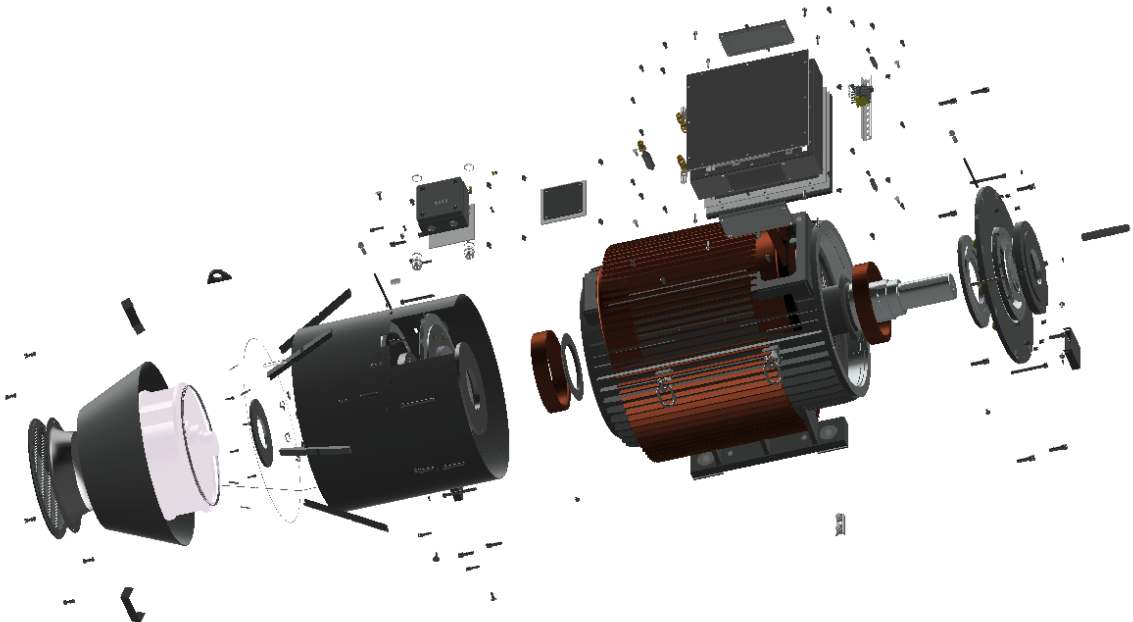
Další částí výroby je vinutí. Vinutí přenáší motorem elektrický proud, který se spolu s magnetickým polem podílí na elektromechanické přeměně energie. Do drážek pro vinutí rotoru i statoru se nejdříve vloží izolace vinutí. V případě rotoru pak následuje navinutí vinutí do drážek pomocí navíječky. V případě statoru se vytvaruje měděná cívka a ta se pak vkládá do izolovaných drážek vinutí.

Impregnace vinutí zajišťuje ochranu vinutí proti negativním vnějším vlivům elektrickým a mechanickým, proti působení vlhkosti, chemickým a biologickým látkám, škůdcům apod. Impregnant se vpraví do mezer mezi závity uvnitř cívek vinutí. Je možné mezery pouze zakapat pryskyřicí, popřípadě namočit celý díl do impregnačního laku. Namáčení probíhá ve vakuu. Impregnant je po aplikaci nutné nechat vyschnout a vytvrdit v sušící peci.

Další díly, jako jsou kostra statoru, štíty a ventilátory se vyrábějí z ocelí případně litin pomocí technologií, jako jsou pálení laserem, řezání vodou, svařování a obrábění.

Rotační části je nutné vyvážit na požadovanou mez. Mez vyvažování závisí na náročnosti zatížení finálního stroje. Za pomoci správného vyvážení je možné předcházet vzniku nežádoucího chvění, vibrací, hluku, zkrácení životnosti, popř. havárii stroje.

Všechny díly se smontují na montáži. Elektromotor je před expedicí nutno provést kontrolu parametrů elektromotoru. Elektromotor musí splňovat parametry a požadavky zákazníka, dále také přísné normy. Hlavní kmenová norma pro výrobu v Evropě je ČSN EN 60034-1 ed.2. Součástí této normy například normy upravující požadavky krytí - ČSN EN 60034-5 (IP), chlazení ČSN EN 60034-6 (IC), tvary - ČSN EN 60034-7 (IM), hluk - ČSN EN 60034-9, vibrace - ČSN EN 60034-14.



Obr 7 Motor MAK rozložený na jednotlivé komponenty

2 TEORIE OBRÁBĚNÍ

Kapitola obrábění uvádí přehled základních technologií obrábění. Práce se zabývá optimalizací výroby náboje rotoru. Je tedy důležité přiblížit technologie, které by mohly být použity k výrobě dílu. Podrobněji jsou pak rozebrány technologie, které by mohly být použity pro praktickou část této práce, kde je navržen nový efektivnější výrobní postup výroby drážky v litinovém náboji rotoru.

Obrábění je technologický proces, kterým jsou vytvářeny obrobky určitých tvarů, rozměrů a jakosti povrchu. Tyto úpravy jsou vytvářeny odebíráním částic materiálu ve formě třísky. Obrábění se uskutečňuje v soustavě, která lze obecně členit na Obráběcí stroj (S) – Řezný nástroj (N) – Obrobek (O).

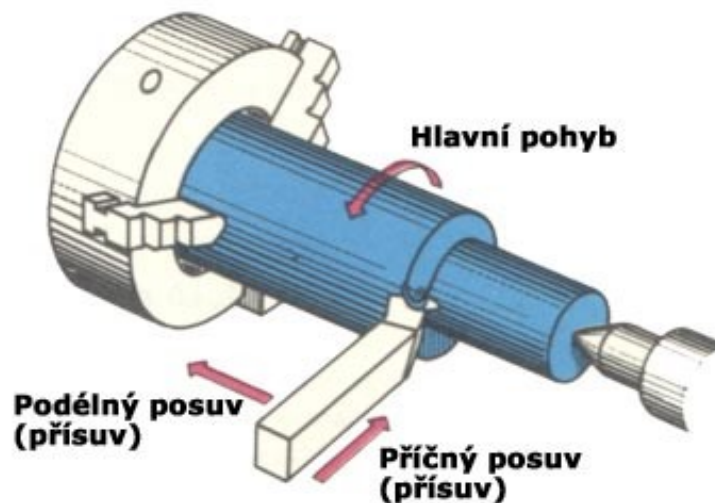
Metody obrábění lze podle způsobu úběru materiálu rozdělit na konvenční (mechanický) a nekonvenční (fyzikálně-chemický). Konvenční technologie obrábění používá k úběru třísky břit rezného nástroje. Nekonvenční technologie obrábění využívá k úběru materiálu z obrobku tepelné, elektrické, chemické, ultrazvukové, abrazivní a jiné fyzikálně-chemické procesy.

2.1 Soustružení

„Soustružení je technologie třískového obrábění, při níž hlavním rezným pohybem je rotace obrobku, vedlejší pohyby (nejčastěji přímočaré) vykonává nástroj. Stroje se nazývají soustruhy, nástroje se nazývají soustružnické nože. Soustružením obrábíme vnější a vnitřní válcové plochy, vnější i vnitřní kuželové plochy, rovinné plochy (čela) i tvarové plochy (vačky, kulové plochy atd.)

Soustružení je obrábění reznými nástroji, při němž se většinou pomocí jednobřítých nástrojů různého provedení zhotovují součástky válcovitého tvaru. Řezný nástroj je ve většině případů pevný, zatím co obrobek rotuje.“ [11]

Při soustružení se zpravidla používá jednobřítý nástroj pro obrábění rotačních součástí. Soustružením lze vyrobit válcové, kuželové, rotační tvarové a šroubové plochy vnější i vnitřní, malé otvory v ose rotace (vrtání) a čelní rovinné plochy.

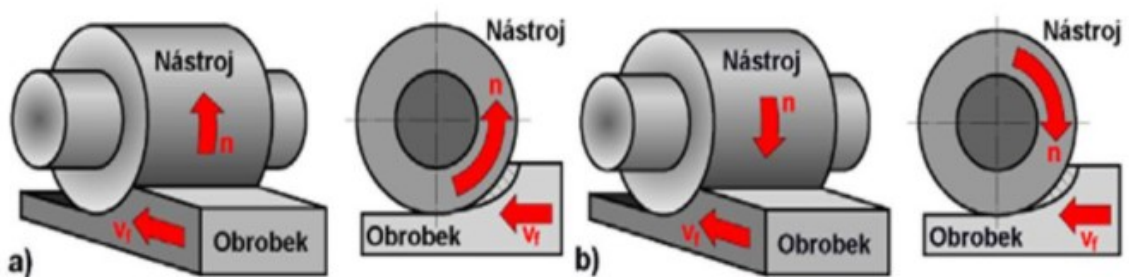


Obr. 8 Soustružení [11]

2.2 Frézování

Frézování je technologií třískového obrábění, která se používá k obrábění rovinných, šikmých a tvarových ploch, zubů ozubených kol, závitů apod. Materiál ve formě třísky je odebírán břity rotujícího nástroje. Hlavním pohybem při frézování je rotační pohyb, který je vykonáván nástrojem. Posuv je nejčastěji přímočarý a je konán obrobkem v kolmém směru k ose nástroje.

Frézování lze podle kinematiky procesu rozdělit na sousledné (souměrné) a nesousledné (nesouměrné, protisměrné). Směr působící síly při sousledném frézování je shodný se směrem posuvného pohybu. Při nesousledném frézování je směr posuvného pohybu opačný oproti směru působící síly.



Obr. 9 Frézování [3]

a) nesousledné frézování

b) sousledné frézování

2.2.1 Kinematika procesu

Řezná rychlost – je to rychlost hlavního řezného pohybu. Stanoví se jako obvodová rychlost na daném průměru a představuje základní hodnotu pro výpočet řezných podmínek.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (2)$$

v_c – řezná rychlost [m/min],

D – průměr [m],

n – otáčky [min^{-1}].

Posuv na zub – je délka dráhy, kterou urazí obrobek za dobu záběru zubu.

$$f_z = \frac{v_f}{z_{\text{eff}} \cdot n} \text{ [mm]} \quad (3)$$

f_z – posuv na zub [mm],

v_f – posuvová rychlost [m/min],

z_{eff} – počet efektivních břitů na nástroji,

n – otáčky [min^{-1}].

Posuv na otáčku – je délka dráhy, kterou urazí obrobek za dobu jedné otáčky nástroje.

$$f_n = f_z \cdot z \text{ [mm]} \quad (4)$$

f_n – posuv na otáčku [mm],

f_z – posuv na zub [mm],

n – otáčky [min^{-1}].

Posuvová rychlost – je rychlost posuvu nástroje vůči obrobku, případně posuv obrobku vůči nástroji vyjádřený délkou dráhy za jednotku času.

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \text{ [mm/min]} \quad (5)$$

v_f – posuvová rychlost [m/min],

f_n – posuv na otáčku [mm],

n – otáčky [min^{-1}],

f_z – posuv na zub [mm],

z – počet zubů.

Průřez třísky – Je proměnlivá hodnota, která se při sousledném frézování mění od maximální hodnoty k nule a při nesousledném frézování se mění od nuly k maximální hodnotě.

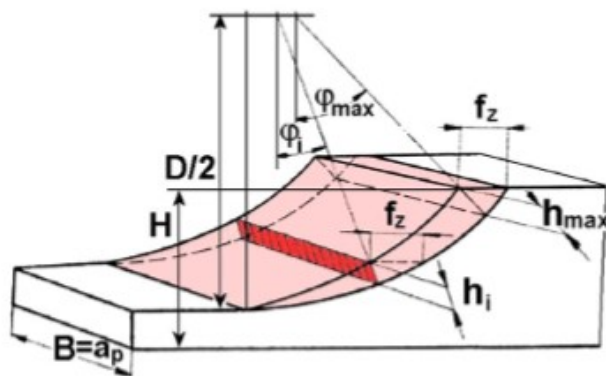
$$h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

h_i – průřez třísky [mm],

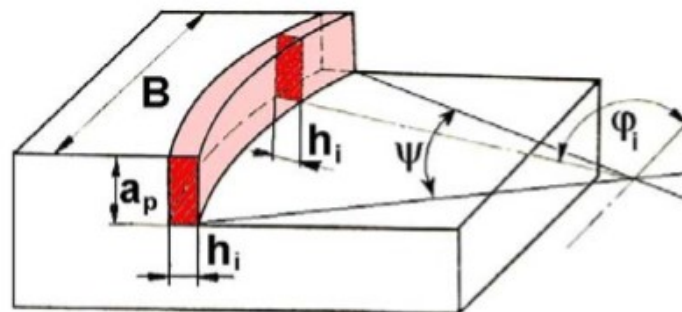
φ_i – úhel posuvového pohybu [°],

f_z – posuv na zub [mm].

Úhel posuvného pohybu φ_i se mění v závislosti na poloze řešeného zubu.

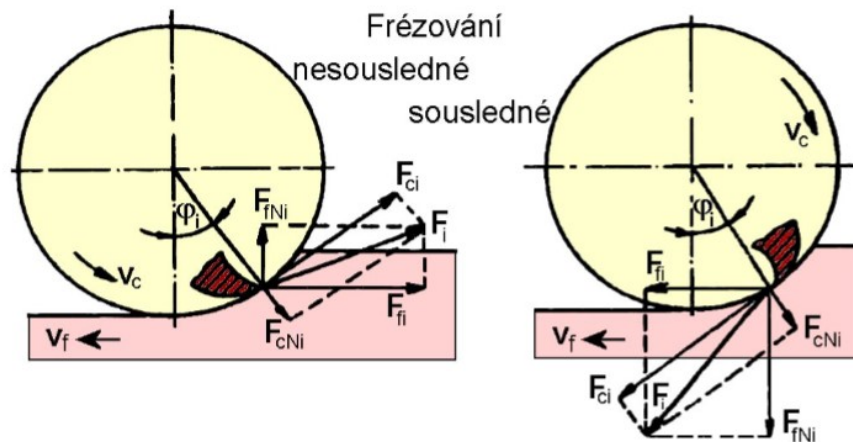


Obr. 10 Průřez třísky při válcovém frézování [9]



Obr. 11 Průřez třísky při čelním frézování [9]

Řezné síly – Vychází ze silových poměrů na jednom břitu, jehož polohu určuje úhel φ_i .



Obr. 12 Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině [9]

F_i – celková řezná síla, F_{ci} – řezná síla, F_{cNi} – kolmá řezná síla, F_{fi} – posuvová síla, F_{fNi} – kolmá posuvová síla.

Jednotkový strojní čas

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \text{ [min]} \quad (7)$$

L [mm] – dráha nástroje ve směru posuvového pohybu,

v_f [mm.min⁻¹] – posuvová rychlost

2.2.2 Stroje pro frézování

Frézovací stroje se nazývají frézky. Hlavní pohyb je rotační a koná jej nástroj zvaný fréza. Vedlejší pohyb je podle konstrukce stroje konán buď nástrojem, nebo obrobkem. Velikost frézky určuje délka a šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje.

Podle konstrukce lze frézky rozdělit:

- Konzolové – Konzolové frézky lze použít pro výrobu rovinných a tvarových ploch pro menší a středně velké obrobky v kusové a malosériové výrobě. Frézka má výškově přestavitelnou konzolu, která se pohybuje po vedení stojanu. Na konzole je pohyblivý příčný stůl s podélným pracovním stolem. Spojením pohybu konzoly a stolů je možné přestavování upnutého obrobku ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji. Konzolové frézky jsou dostupné ve vodorovném (horizontálním), svislém (vertikálním) a univerzálním provedení.

- Stolové – Stolové frézky lze použít pro obrábění rozměrnějších a těžších součástek. Větší výkon stroje je umožněn tuhostí stojanu. Frézky mají podélný a příčný stůl obvykle bez konzoly. Frézovací vřeteník se pohybuje po vedení stroje, což zajišťuje pohyb ve svislém směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku. Stolové frézky jsou dostupné ve svislém a vodorovném provedení.
- Rovinné – Rovinné frézky se vyznačují robustní konstrukcí, která umožňuje obrábění těžkých a rozměrných obrobků. Jedná se o jedny z nejvýkonnějších frézek. Využití takových frézek je možné v kusové, malosériové i sériové výrobě. Pracovní stůl se pohybuje pouze ve vodorovném směru. Používají se pro obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch při obrábění frézovacími hlavami. Při obrábění úzkých ploch a drážek se používají stopkové frézy.
- Speciální – Speciální frézky lze použít pro různé frézovací operace. Jejich konstrukce se přizpůsobuje typu operací, které budou na stroji prováděny. Příkladem speciálních frézek jsou frézky pro obrábění závitů, ozubení, drážky, vačky a pantografické frézky.

2.2.3 Nástroje pro frézování

Technologie frézování je mnohostranná a má velký rozsah použití ve strojírenské výrobě, proto se používá mnoho typů frézovacích nástrojů tzv. fréz. Frézy jsou vícebřité, někdy i tvarově složité, nástroje, které lze v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do jednotlivých skupin podle různých hledisek:

- Podle umístění zubů na tělese nástroje se rozlišují frézy: válcové: mají zuby na válcové ploše, čelní: mají zuby na čelní ploše, válcové čelní: mají zuby na čelní i válcové ploše
- Podle nástrojového materiálu zubů se rozlišují frézy: z rychlořezné oceli, linutých karbidů, cermetů, řezné keramiky, KNB, PKD
- Podle provedení zubů se rozlišují frézy: se zuby frézovanými, podsoustruženými

U frézovaných zubů tvoří čelo i hřbet rovinné plochy, úzká fazetka o šířce 0,5 až 2 mm na hřbetě zpevňuje břit a ostření se provádí na hřbetě. Podsoustružené zuby mají hřbetní plochu vytvořenou jako část Archimedovy spirály, čelo zubu je tvořeno rovinnou plochou a ostření se provádí na čele. Předností podsoustružených zubů je, že při ostření na čele se jejich profil mění jen nepatrně, takže se využívají především pro tvarové frézy.

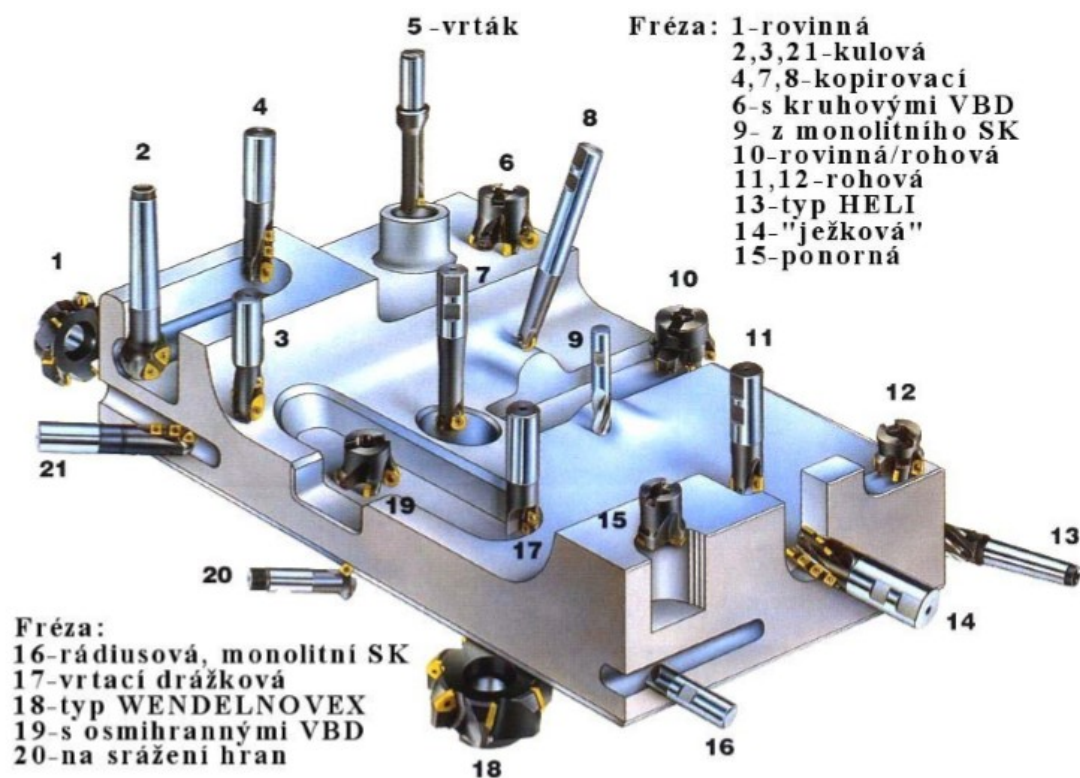
- Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy: se zuby přímými, zuby ve šroubovici, pravé nebo levé.

Proces záběru je postupný, což znamená také plynulý a klidnější. Zuby ve šroubovici vnikají do záběru postupně. Sklon šroubovice je 10° až 45° a někdy i více.

- Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy: jemnozubé, polohrubozubé, hrubozubé

Klidný chod frézy je ovlivněn počtem zubů nástroje. Tento počet by měl být takový, aby současně řezaly nejméně dva zuby.

- Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy: celistvé (těleso i zuby jsou z jednoho materiálu, s vloženými noži, frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami, mechanicky upevněnými k tělesu frézy
- Podle geometrického tvaru funkční části se rozlišují frézy: válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, rádiusové, na výrobu ozubení
- Podle způsobu upnutí jsou frézy: nástrčné (upínají se na centrální otvor), stopkové (upínají se za válcovou nebo kuželovou stopku)



Obr. 13 Frézy firmy Walter

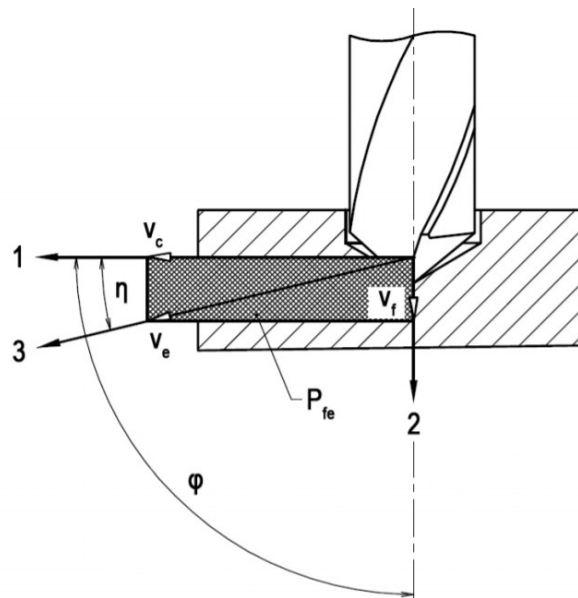
2.3 Vrtání a vyvrtávání

Jedná se o proces, který zahrnuje téměř všechny způsoby obrábění, kterými se zhotovují válcové díry v obrobku při použití řezných nástrojů. Pohyb hlavní rotační i vedlejší posuvový je vykonáván nástrojem. Nástroj tedy vrták se otáčením kolem své podélné osy a současným pohybem ve směru opracování posouvá do záběru.

Technologii vrtání lze použít pro tvorbu otvorů, které lze vrtat do plného materiálu obrobku nebo pouze ke zvětšování již vyrobených otvorů předešlými operacemi např. pálením, odléváním, předvrtáním, kování apod. Otvory z předešlých operací lze upravit popřípadě zpřesnit za využití technologií vyvrtávání, soustružení, vyhrubování, vystružování a zahlubování.

Měřítkem hlavního pohybu vrtávání je řezná rychlost, která je ve středu nástroje nulová a zvětšuje se směrem k obvodu.

Pro technologii vrtání se používá šroubový vrták, který má tvar uzpůsobený odvodu třísky z vrtaného otvoru. Spolu s třískou je šroubovitý tvar vrtáku využíván také k odvodu chladicí kapaliny. Chladicí kapalina v místě řezu snižuje teplotu, snižuje tření mezi nástrojem a obrobkem, snižuje intenzitu otupování, zlepšuje jakost obrobené plochy a pomáhá odvádět třísku.



Obr. 14 Vrtání [3]

*1 – směr hlavního pohybu, 2 – směr posuvného pohybu, 3 – směr řezného pohybu,
 v_c – řezná rychlost, v_f – posunová rychlost, v_e – rychlost řezného pohybu, P_{fe} – pracovní
 boční rovina, ϕ – úhel posunového pohybu, η – úhel řezného pohybu.*

2.3.1 Kinematika procesu

Řezná rychlost – je rychlost hlavního řezného pohybu. Jedná se o základní hodnotu pro stanovení řezných podmínek. Určuje se jako obvodová rychlost daného průměru. [9]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (8)$$

v_c – řezná rychlost [m/min],

D – průměr [m],

n – otáčky [min^{-1}].

Posuvová rychlost – jedná se o rychlost posuvu nástroje vůči obrobku, případně naopak posuv obrobku vůči nástroji. Hodnota se vyjadřuje délkou dráhy za jednotku času. [9]

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm/min]} \quad (9)$$

v_f – posuvová rychlost [m/min],

f – posuv [mm],

n – otáčky [min^{-1}].

Průřez třísky – jedná se o výpočet průřezu třísky, který vychází z průměru nástroje a počtu zubů nástroje. hodnota je uváděna v milimetrech. [9]

$$a_p = \frac{d}{z} \text{ [mm]} \quad (10)$$

a_p – průřez třísky [mm],

d – průměr [mm],

z – počet zubů.

Posuv na zub– je délka dráhy, kterou urazí obrobek za dobu záběru zubu. [9]

$$f_z = \frac{f}{z} \text{ [mm]} \quad (11)$$

f_z – posuv na zub [mm],

f – posuv [mm],

z – počet zubů.

Řezná síla – jedná se o celkovou sílu F působící na obrobek. Síla je vektor, který je možné rozložit na různé složky, přičemž zvláštní význam mají složky vztažené k pracovní rovině a ke směru řezu a posuvu. [9]

Pro vrtání – výpočet řezné síly pro vrtání. Celková síla působící na obrobek při vrtání je definována pomocí veličin průměru, posuvu na zub, specifické řezné rychlosti a faktoru metody.

$$F_{ez} = \frac{D}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_b [\text{N}] \quad (12)$$

F_{ez} – řezná síla na břit [N],

D – vnější průměr otvoru [mm],

d – vnitřní průměr otvoru [mm],

f_z – posuv na zub [mm],

k_c – specifická řezná síla (závislá na materiálu),

f_b – faktor metody vrtání (pro vrtání = 1; pro vyvrtávání = 0,95).

Kroutící moment – vyjadřuje působení síly na bod vzdálený od osy otáčení. [9]

$$M_d = \frac{F_{ez} \cdot Z \cdot \frac{D}{4}}{1000} \quad (13)$$

F_{ez} – řezná síla na břit [N],

D – vnější průměr otvoru [mm],

Z – počet břítů nástroje.

Výpočet času obrábění – hodnota je závislá na posuvu nástroje a jeho otáčkách a celkové dráze řezu. Strojní čas je udáván v minutách.

$$t_h = \frac{L}{f \cdot n} [\text{min}] \quad (14)$$

t_h – hlavní čas vrtání [s],

L – celková dráha vrtání [mm],

f – posuv [mm],

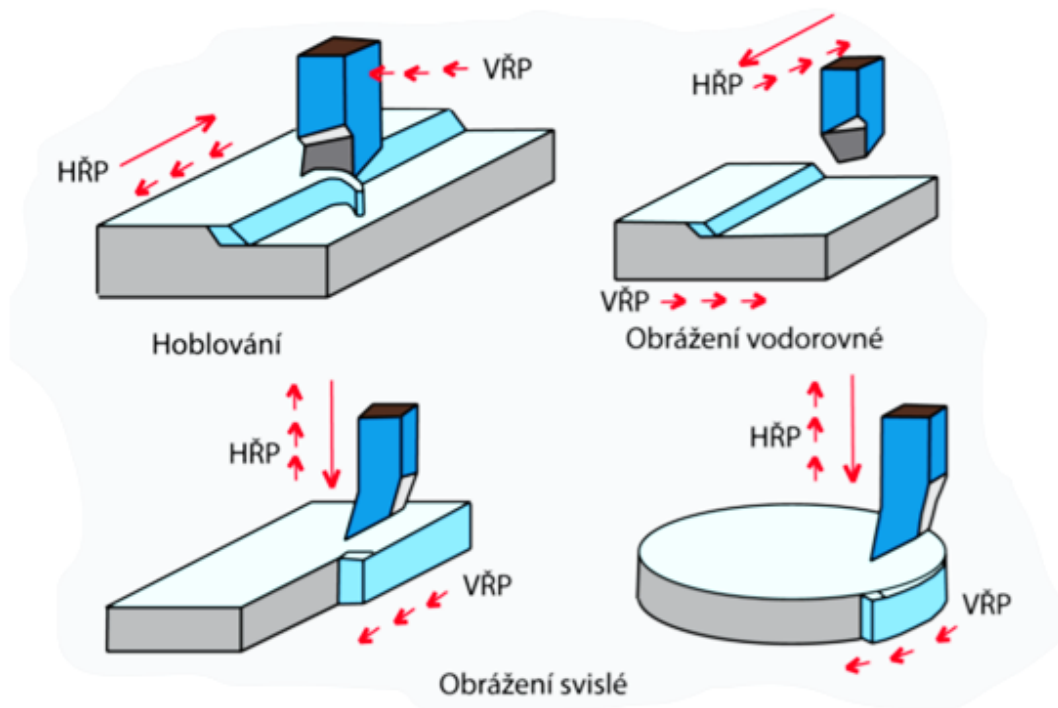
n – počet otáček.

2.4 Hoblování a obrázení

„Hoblování, příp. obrázení je obrábění vnějších, příp. vnějších a vnitřních rovinných nebo přímkových tvarových ploch jednobřítým nástrojem. Při hoblování koná hlavní řezný pohyb obrobek, který je rovnoměrně přímočarý. Posuvy ve vodorovném a svislém směru v rovině kolmé ke směru řezné rychlosti koná nástroj. Při obrázení koná hlavní řezný pohyb nástroj. Jeho pohyb je přímočarý vratný, ale nerovnoměrný. Posuv v rovině kolmé ke směru řezné rychlosti koná obrobek.“ [2]

Pro technologii hoblování se používá jednobřítý nástroj pro obrábění dlouhých rovinných ploch. Obráběné plochy mohou být vodorovné, svislé nebo skloněné pod určitým úhlem vůči vodorovné rovině. V dnešní době je většina hoblování nahrazována frézováním z důvodu nízkých hodnot úběru obráběného materiálu.

Obrázení je druhem hoblování. Jednobřítý nástroj koná hlavní pohyb a upevňuje se do smýkadla stroje. Při obrázení lze opracovávat vnitřní a vnější rovinné a kruhové plochy. Uplatňuje se při obrábění dlouhých úzkých ploch např. vedení drážky, prizmata. Používá se převážně v kusové nebo maloseriové výrobě.



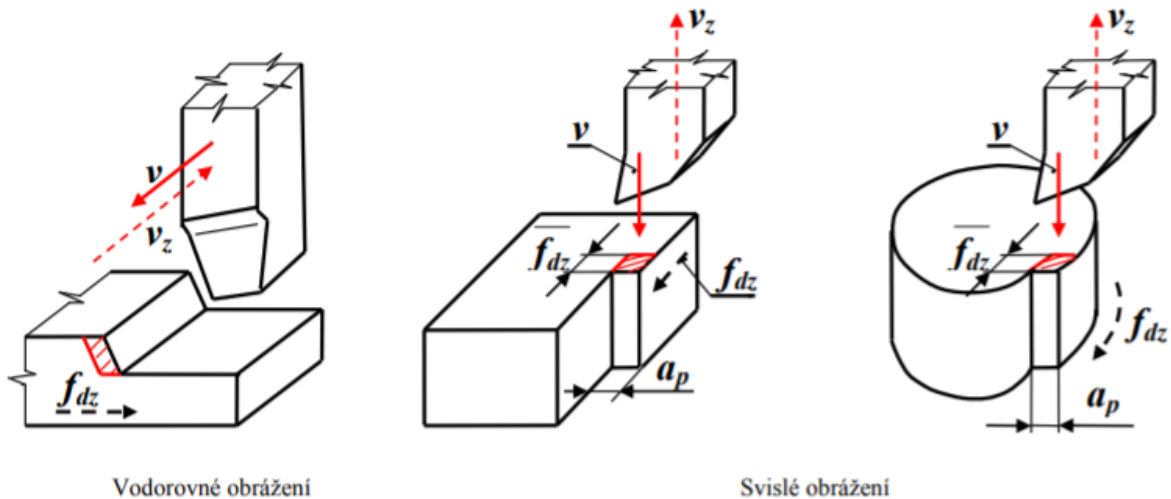
Obr. 15 Hoblování a obrázení [3]

2.4.1 Kinematika procesu obrážení

Řezná rychlost

Pro vodorovné obrážení bývá do hodnoty $v = 60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Pro svislé obrážení bývá do hodnoty $v = 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$



Obr. 16 Proces obrážení [3]

Hospodárny úběr – Je parametr determinující produktivitu při obrážení. Lze zvýšit zvýšením optimální řezné rychlosti použitím nástrojů s břitovými destičkami ze slinitých karbidů, současným obráběním více noži – využití záběr s více suporty najednou nebo obráběním více obrobků najednou.

$$Q_h = v_{opt} \cdot f_{dz} \cdot a_p \text{ [cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]} \quad (15)$$

Q_h – hospodárny úběr materiálu [$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$],

v_{opt} – optimální řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],

f_{dz} – posuv na dvojjzdvih [$\text{mm} \cdot \text{dz}^{-1}$],

a_p – hloubka řezu [mm].

Strojní čas

$$t_s = t_{dz} \cdot n_D \cdot i = \left(\frac{L}{1000 \cdot v} + \frac{L}{1000 \cdot v_z} \right) \cdot \frac{B}{f_{dz}} \cdot \frac{p}{a_p} \quad [min] \quad (16)$$

n_D – počet dvojdvihů,

t_{dz} – doba jednoho dvojdvihu [min],

i – počet záběrů,

L – dráha nástroje v podélném směru [m],

v – řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

v_z – zpětná rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

B – dráha nástroje v příčném směru [m],

f_{dz} – posuv na dvojdvih [$mm \cdot dz^{-1}$],

p – přídavek na obrábění,

a_p – hloubka záběru [m].

Střední rychlost – Řezná i zpětná rychlost se průběhem jednoho zdvihu mění, a proto se stanovuje tzv. střední rychlost.

$$v_s = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot t_{dz}} = \frac{2 \cdot v \cdot v_z}{v + v_z} \quad [m \cdot min^{-1}] \quad (17)$$

v_s – zpětná rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

L – dráha nástroje v podélném směru [m],

v – řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

v_z – zpětná rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

t_{dz} – doba jednoho dvojdvihu [min].

Počet dvojdvihů na minutu – Je nastavován na stroji. Hodnoty bývají odstupňovány po celých číslech.

$$n_{d1} = \frac{1}{t_{dz}} \quad [1 \cdot min^{-1}] \quad (18)$$

n_{d1} – počet dvojdvihů za minutu [$1 \cdot min^{-1}$],

t_{dz} – doba jednoho dvojdvihu [min].

2.4.2 Stroje pro obrážení

Stroje pro obrážení se nazývají obrážecí stroje. Charakteristickým rozměrem je největší zdvih smýkadla. Obrobek je upnut na konzolovém stole s vodorovným i svislým posuvem. Obrážecí stroje se skládají ze základních částí – smýkadla, pracovního stolu, stojanu a křížových saní.

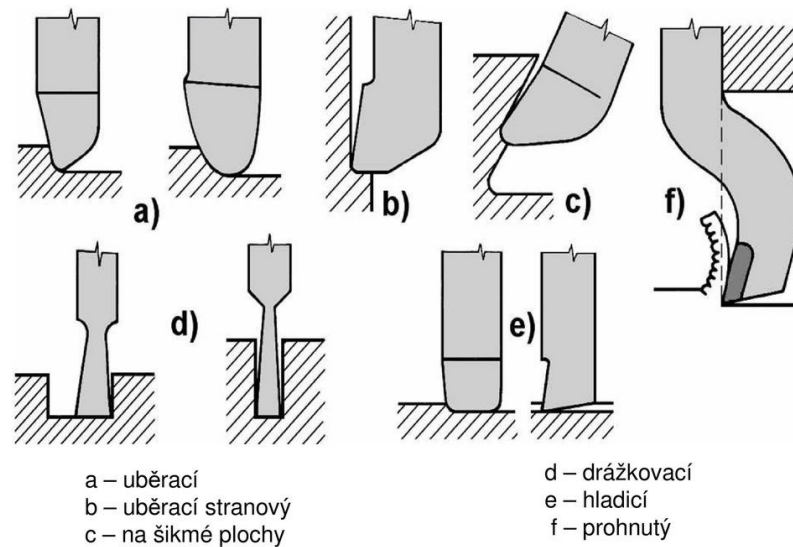
Podle konstrukce lze obrážecí stroje rozdělit:

- Vodorovné – pohyb smýkadla s nástrojem je vodorovný. Na těchto strojích lze obrážet i šikmé plochy pomocí naklánění saní. Vodorovný pohyb stroje je nerovnoměrný, z důvodu použití kulisového mechanismu. Při zpětném pohybu není nástroj v záběru. Pro obrábění velkých obrobků se používají obrážecí stroje s příčně posuvným smýkadlem, to znamená, že obrobek je nehybný a hlavní řezný pohyb i příčný posuvný pohyb je konán smýkadlem.
- Svislé – pohyb smýkadla s nástrojem je svislý. Na těchto strojích lze obrábět i vnitřní tvary. Stroje jsou vybaveny otočným stolem.

2.4.3 Nástroje pro obrážení

Nože pro obrážení jsou podobné nožům na soustružení. Oproti soustružení je nutné zvýšit nožům tuhost kvůli působení velkých rázů. Zvýšení tuhosti zajišťuje zesílené tělo (držák). Obrážecí nože se také vyrábí prohnuté kvůli eliminaci odpružení nože. Obrážecí nůž je při obrábění ohýbán v bodě hrany nožové upínky a při odpružení může způsobit rýhy v obrobené ploše. Tomu lze předejít přesazením špičky do polohy základny nože, a proto jsou hrubovací nože vyhnuté.

NÁSTROJE PRO HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ



Obr. 17 Nástroje pro hoblování a obrážení [3]

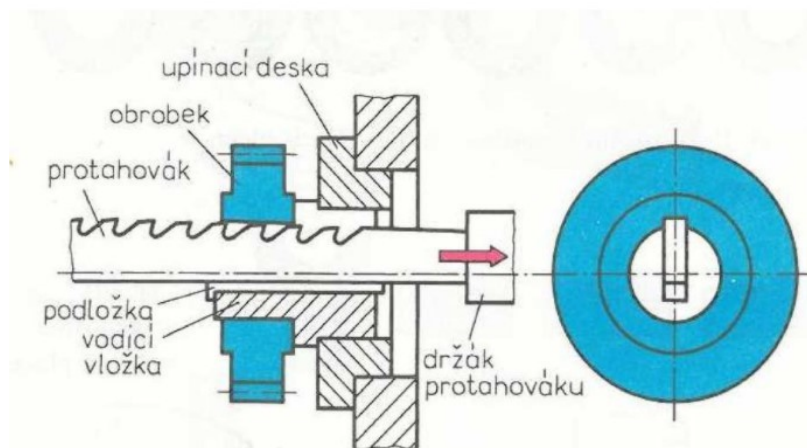
2.5 Protahování a protlačování

Technologie protlačování a protahování je vysoce produktivní metoda obrábění, využívaná zejména v sériové a hromadné výrobě. Jedná se o obrábění vnitřních nebo vnějších rovinných nebo tvarových ploch mnohobřitým nástrojem. Hlavní řezný pohyb je vykonáván nástrojem. Tento pohyb je obvykle přímočarý, ale může být i otáčivý (u kotoučových protahováků). Při této technologii současně zabírá více břitů, což zajišťuje vysokou produktivitu obrábění.

Při protahování a protlačování vzniká velmi tvarově i rozměrově přesná obrobena plocha s kvalitním povrchem. Především se tyto technologie využívají v sériové a hromadné výrobě z důvodu vysoké ceny a složité výroby nástrojů.

Protahování je technologií třískového obrábění pro vytváření nekruhových otvorů popřípadě i vnějších profilů pomocí protahovacího trnu s řadou odstupňovaných břitů.

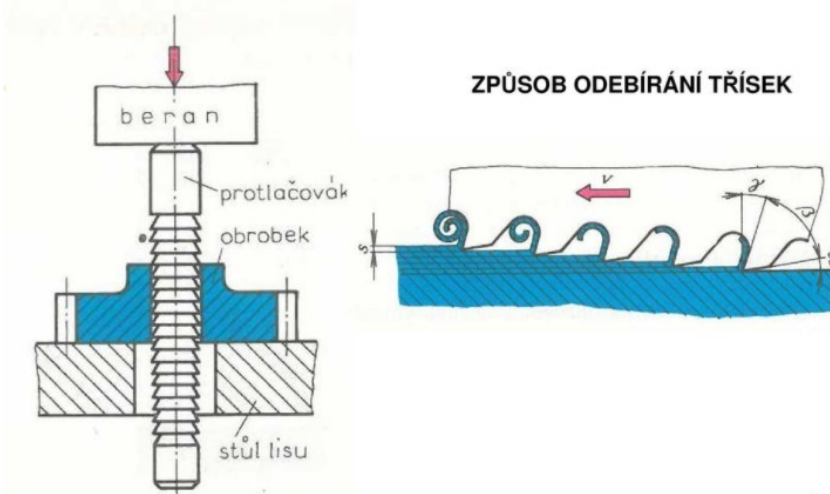
Protahování drážky náboje ozubeného kola



Obr. 18 Protahování drážky náboje ozubeného kola [3]

Protlačování se používá převážně pro výroby kruhových či mnohostranných děr. Nástrojem je protlačovací trn, který je velmi namáhán na vzpěr. Z důvodu namáhání se proto nástroje na protlačování vyrábí kratší než nástroje na protahování.

PRINCIP PROTLAČOVÁNÍ



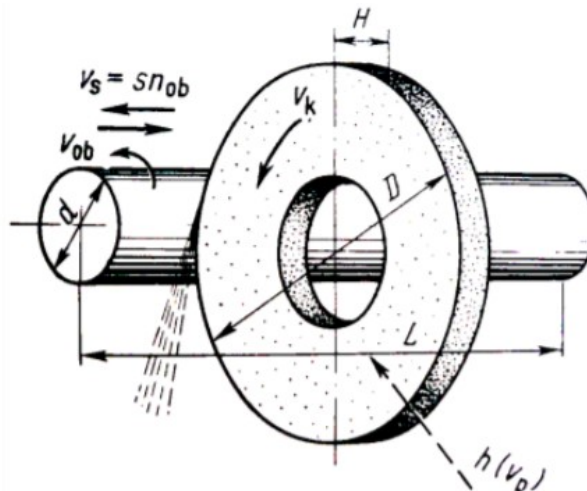
Obr. 19 Princip protlačování [3]

2.6 Broušení

Technologie broušení na rozdíl od již zmíněných metod obrábění používá nástroj, který nemá přesně definovanou geometrii břitu. Brusné nástroje mají každé zrno brusiva s jiným geometrickým tvarem. Broušení je dokončovací metoda obrábění rovinných, válcových nebo tvarových vnějších a vnitřních ploch. Břity brusného nástroje jsou tvořeny zrny z tvrdých materiálů spojených vhodným pojivem. Při broušení dochází k úběru třísky

velmi malých rozměrů a různých velikostí. Pro broušení je charakteristické, že je současně v záběru velké množství zrn (břitů).

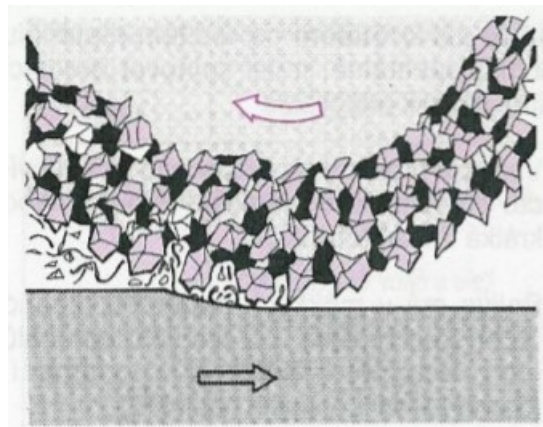
Broušení se používá především jako dokončovací metoda obrábění pro dosažení požadované přesnosti a drsnosti obrobku. Nástrojem bývá z pravidla brusný kotouč, který tvrdými zrny brusiva odebírá materiál obrobku. Pro technologii broušení jsou nutné velké řezné rychlosti (tj. $30 \div 80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), aby brousící zrna byla schopna odebírat třísku.



Obr. 20 Broušení [3]

v_k – obvodová rychlost brousícího kotouče, v_{ob} – obvodová rychlost obrobku, v_s – podélný posuv, $h(v_p)$ – přísuv, D, d – průměr brousícího kotouče, H – šířka brousícího kotouče, L – délka brousícího kotouče.

Při broušení je materiál odebírán působením nerovnoměrných zrn brusného kotouče popřípadě smirkového papíru. Mnoho břitů nástroj působí na obrobek a důsledkem je oddělování drobných částecek třísky k dosažení přesných rozměrů, požadovaných tvarů (rovinnost, válcovitost) a drsnosti povrchu R_a 1,6 až $0,2 \mu\text{m}$.



Obr. 21 Princip úběru materiálu při broušení

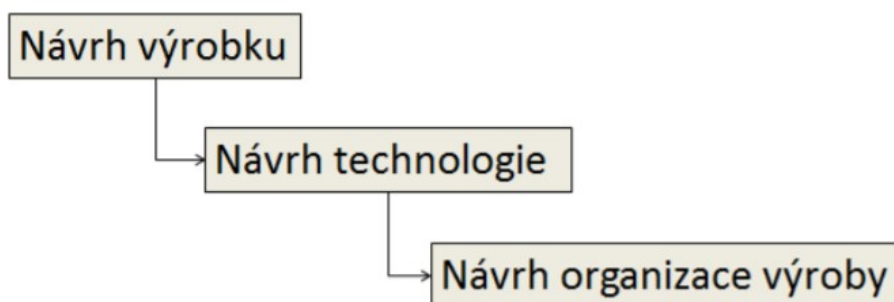
3 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

Kapitola technické přípravy výroby je v práci zahrnuta, protože v rámci praktické části práce bude úkolem zproduktivnit současný výrobní proces.

Jedná se o souhrn metod pro organizaci, řízení a řešení technických problémů pomocí integrované standardizace, automatizace, matematických ekonomických modelů a technického vybavení.

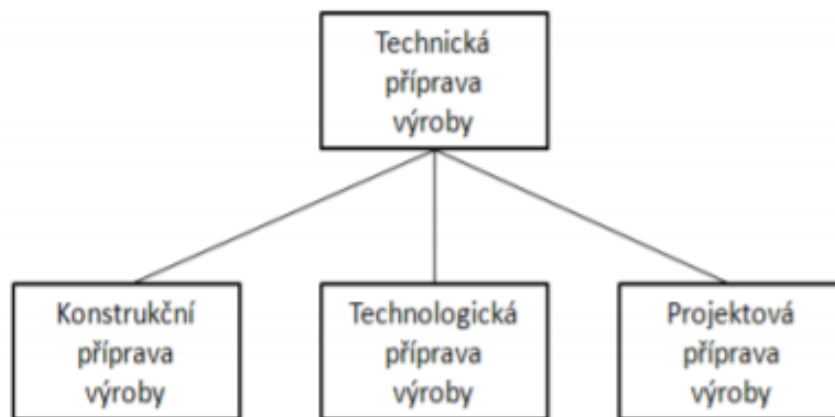
Technická příprava výroby je základem pro zahájení nové výroby, zavádění nových výrobků, zavádění progresivnějších technologií nebo zdokonalování stávajících výrob (inovace). Cílem technické přípravy výroby je připravit technicky a ekonomicky výhodný a efektivní návrh výrobku, technologie a organizace jeho výroby. Je to soubor vzájemně spjatých činností v rámci podniku, na kterém se podílejí konstruktéři, technologové, projektový inženýři apod. za účelem výroby dílu. Výroba dílu vždy začíná vývojem součásti a její konstrukce, výstupem je technický výkres, popřípadě konstrukce dílu. Následně je díl připraven pro technickou přípravu výroby (TPV), kde je úkolem techniků připravit podklady pro výrobní procesy. TPV zahrnuje například přípravu konstrukční a technologické dokumentace – konstrukční výkresy, kusovníky, technologické postupy zahrnující potřebné normy – materiálové i výkonnostní.

TPV má za úkol konstrukci nových a zdokonalování již vyráběných produktů, vypracování a zdokonalování výrobních postupů, konstrukci a zhotovení náradí a vyzkoušení a seřízení navržených výrobních postupů. Konkrétní obsah je zcela závislý na druhu a rozsahu výroby, na stupni složitosti, novosti a technologické povaze konstrukce vyráběného dílu a na výrobní struktuře závodu. Technická příprava výroby lze rozdělit na tři etapy: přípravu prototypu, přípravu k výrobě a rozběh výroby. Výstup TPV zajišťuje konkurenceschopnost výrobku, efektivní průběh vlastní přípravy, podklady pro efektivní průběh výrobním procesem a spokojenost uživatele – jakost a servis.



Obr. 22 Schéma průběhu přípravy výroby [4]

3.1 Členění TPV



Obr. 23 Členění TPV [4]

3.1.1 Konstrukční příprava výroby

Úkolem etapy konstrukční přípravy výroby je konstrukce nových nebo vylepšování stávajících výrobků. Cílem je příprava potřebné konstrukční dokumentace. V rámci této etapy je pro výrobu dílu nutné zajistit technologičnost konstrukce, umožňující použití nejehospodárnějších výrobních postupů zaměřených na dosahování jakosti výrobku a odpovídající typu a rozsahu výroby. [4]

Konstrukční příprava výroby zajišťuje konstrukční dokumentaci – konstrukční výkresy, kusovníky (rozpisky), výkresy přístrojů a pomůcek a výkres sestavení.

3.1.2 Technologická příprava výroby

Úkolem etapy technologické přípravy výroby je vypracování a zdokonalování výrobních postupů. V rámci této etapy se zpracovávají technologické a montážní postupy, připravuje se výroba speciálního nářadí a strojů a technickohospodářské normy. Cílem je zajištění vysoké jakosti obrábění součástí a jejich montáže, která odpovídá daným technickým podmínkám a zajišťuje vysokou provozní schopnost výrobků, největší dosažitelné využití výrobních možností zařízení, minimální pracnosti výroby a tím i optimální dobu výrobního cyklu, hospodárného využití surovin, základních materiálů, energie a paliva, zajišťující minimální odpady a ztráty při výrobním postupu, minimálních jednicových nákladů, zajišťujících rentabilitu výroby při stanoveném rozsahu výroby a maximální urychlení technologické přípravy výroby, napomáhající urychlenému zavádění nových výrobků a výrobních postupů při poměrně nízkých nákladech na jejich vypracování a zavedení. [4]

Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce se prověřuje počínaje návrhem konstrukce, při konstrukční přípravě výroby prototypu, až po technologickou kontrolu výrobních výkresů. Při prověřování výrobních výkresů jsou kontrolovány účelnost volby materiálu pro součást – použití lehce opracovatelných, cenově přijatelných a spolehlivě získatelných materiálů, účelnost zvoleného způsobu výroby – odlití nebo vykování, lisování nebo svařování, jednodušnost nebo možnost rozložení konstrukce, členění na montážní skupiny (stavebnicový systém), jednoduchost geometrických tvarů součástí, jakost jejich povrchů a vzájemnost spojení, vnější rozměry ploch, které je nutno opracovat, dostupnost ploch při opracování a pro měření. [4]

Technologická normalizace

Vypracování technologických norem nejenom urychluje přípravu výroby, zlepšuje její jakost, ale snižuje rovněž náklady přípravy i vlastní výroby. Normy zlevňují i seřízení nářadí (razidel, přípravků, modelů, nástrojů, měřidel atd.), snižují počet používaných druhů nástrojů. [4]

Příprava technologie výroby

V této fázi se rozhoduje o technologiích použitých pro přeměnu vstupního materiálu – polotovaru na výsledný výrobek. Vypracovává se dokumentace pro výroby a technologický postup, který určuje pořadí technologických operací, rozhoduje o pracovištích, na kterých se bude díl obrábět a strojích a nástrojích použitých pro výrobu dílu. Zvolený postup závisí na počtu kusů, opakovatelnosti a strojních možnostech každé firmy.

Postup a fáze technologické přípravy závisí na povaze výrobků a jeho součástí, typu výroby, povaze jednotlivých činitelů a úrovni výrobně-technické základny podniku. Pro sériovou výrobu členitých mechanických výrobků lze uvést fáze: účast technologů při zpracování úvodního a technického projektu, technologickou přípravu prototypu, technologickou přípravu sériové výroby a účast při seřízení a rozběhu výroby. [4]

3.1.3 Projektová příprava výroby

Úkolem této etapy je organizace, plánování a řízení technické přípravy výroby. Projektový inženýr pověřený řešením konkrétního projektu funguje jako koordinátor. Má za úkol sledovat projekt, předvídat problémy, usměrňovat a zlepšovat horizontální vazby.

Projektová příprava výroby sladňuje a usměrňuje předešlé etapy přípravy výroby při zohlednění a znalosti informačních a hmotných toků. Důležité je zajistit co nejproduktivnější a plynulou výrobu dílu. V rámci výstupů z této fáze by tedy měla být dokumentace zachycující tok materiálu skrz jednotlivé pracovní úseky. Tok materiálu by měl zohledňovat i intenzitu a rychlost s ohledem na vyráběné množství. Dále v rámci této etapy je nutné rozvrhnout množství a uspořádání výrobních strojů. Na pokrytí výroby je také nutné zjistit potřebný počet pracovníků. Příprava výroby je završena ověřením a odzkoušením navrhovaného řešení výrobním procesem.

3.1.4 Tendence dalšího rozvoje a řízení přípravy výroby

Vývojové tendence

- automatizace přípravy výroby,
- zvyšování pružnosti předvýrobních etap,
- integrace technologických, pomocných a obslužných procesů,
- integrace předvýrobních a výrobních etap,
- integrace počítačových systémů,
- vznik nových technologií,
- kvalitativní vzrůst důležitosti spolehlivosti a zajištění provozuschopnosti výrobní základny,
- zvyšování významu informací a práce s bází dat,
- změny ve stylu práce, systému řízení a tím i organizačních struktur. [4]

3.1.5 Technologická dokumentace přípravy výroby

Technologická dokumentace přípravy výroby se v závislosti na typu a charakteru výroby liší v členění, obsahu a funkci. pro sériovou výrobu je potřeba podrobnější a rozsáhlejší dokumentaci.

Návodky – sestavují se především v sériové a hromadné výrobě. Obsahují podrobný popis operací a jsou podkladem pro práci výrobních dělníků. V návodce jsou obsaženy údaje o operaci (číslo, popis, členění operace na úseky), o pracovišti (číslo, označení), o materiálu (číslo, označení, rozměry), o času práce apod.

Technologické postupy (postupky, postupové listy) – zachycují údaje o vlastním technologickém sledu a obsahu operací. Jako tzv. rámcové postupy s velmi stručnými údaji o operaci s odvoláním na číslo návodky se sestavují tam, kde se podrobněji zpracovávají návodky. Rozpiska polotovarů, součástí a nakupovaných výrobků obsahuje seznam polotovarů, kooperovaných součástí, výrobků a subdodávek.

Technologické výkresy polotovarů – znázorňují výchozí tvary a rozměry polotovarů součástí příslušných výrobků. Podkladem pro jejich zpracování jsou konstrukční výkresy a rozpisky a technologické normy.

Díleenské rozpisky součástí – jsou seznamy těch součástí a výrobků, které se opracovávají v jednom provozu (dílně). Kromě základních údajů o součásti se uvádí i jejich průběh dílnami, množství, pracnost, materiálové a strojní zajištění.

Montážní postupy (schémata) – znázorňují postup montáže sestav, popř. celého výrobku. Přehledně zachycují posloupnost postupu součástí k plynulé montáži. Dokonalé technologické podklady jsou velmi důležitým předpokladem pro zvládnutí technicky a ekonomicky úspěšného průběhu výroby. Vypracování je však velmi často časově náročné. [4]

3.2 Typologie výrobních systémů

Množství a typ vyráběných výrobků má vliv na charakter, formu i rozsah TPV. Plánované množství kusů a opakovatelnost výroby má vliv na uspořádání pracovišť ve výrobním procesu.

3.2.1 Typy výroby podle počtu kusů

Kusová výroba – jedná se o individuální zakázky, zadávané firmám s univerzálními pracovišti zaměřenými na typově podobnou výrobu. Problémem u takovýchto výrob je průběžná doba výroby, protože nelze předpokládat charakter příští zakázky. Při výrobě je vždy nutné nově seřídít stroje a sestavit TPV.

Sériová výroba – jedná se o výrobu konkrétního množství stejných kusů (série). Pro danou sérii je vždy sestavena pouze jedna TPV. Stroje se připraví na výrobu série a není nutné je před každým kusem znovu nastavovat. Při plánování je nutné správně nastavit výrobní dávku a velikost skladových zásob s ohledem na předpokládané velikosti plánovaných zakázek.

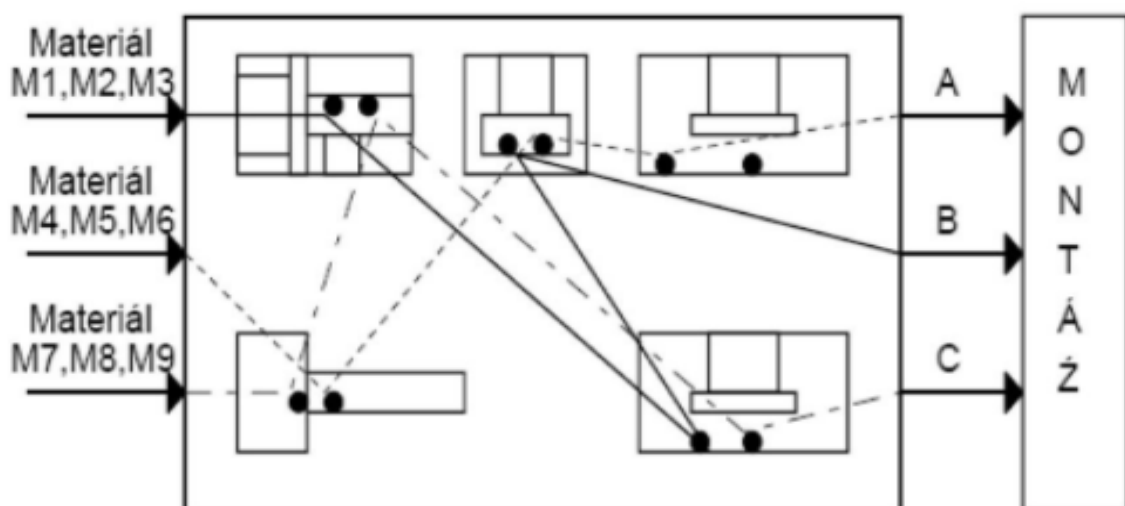
Hromadná výroba – jedná se o masovou výrobu jednoho konkrétního výrobku na úzce specializovaných stojích a nástrojích. Výroba se snaží být co nejvíce mechanická a bez potřeby vysoce kvalifikovaných pracovníků pro obsluhu strojů.

Speciálním případem hromadné výroby je **druhovú výroba**. Jedná se o výrobu několika různých variant hromadně vyráběného dílu. Díly se mohou lišit např. tvarem nebo kvalitou. Výroba se snaží o co nejvyšší automatizaci. Např. úzce zaměřené stroje s možností výměny nástroje.

3.2.2 Uspořádání pracovišť

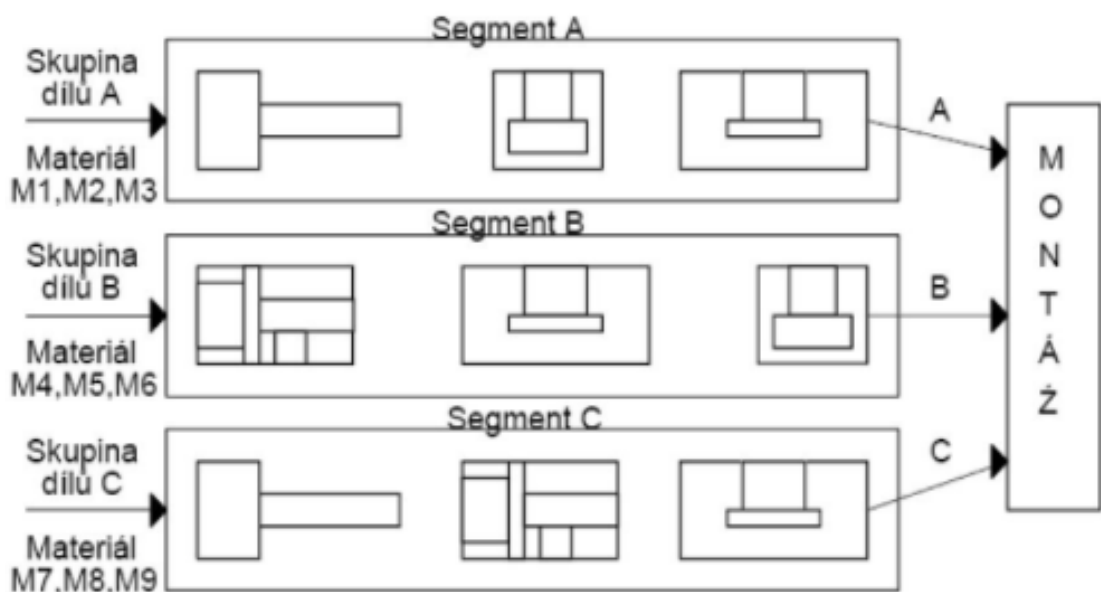
V rámci TPV je dále úkolem navrhnout uspořádání pracovišť s ohledem na množství vyráběných kusů dílu.

Technologické uspořádání – je vhodné především pro širší spektrum výroby. Pracoviště jsou uspořádána podle technologické příbuznosti. Charakteristickým rysem je zaměření na výrobní proces (např. lakování v lakovně, sváření ve svárně nebo obrábění na obrobně). Toto uspořádání umožňuje snadnější přizpůsobení a pružnost charakteru výroby. Další výhodou je relativně snadná výměna či zaměnitelnost strojů v případě poruchy. Bohužel je nutné vzít v potaz delší průběžné časy kvůli složitější manipulaci.



Obr. 24 Technologické uspořádání [10]

Předmětné uspořádání – je vhodné především pro sériovou případně hromadnou výrobu. Charakteristickým rysem je zaměření na kompletní realizaci výrobku což zajišťuje minimalizaci přechodových časů. Dalším pozitivem je minimalizace zásob rozpracované výroby a možnost automatizace výrobních činností a mezioperačních přesunů. Negativem takového uspořádání je složitý přechod na jinou výrobu. Je pak nutné draze přestavovat a měnit výrobní zařízení a stejně tak v případě poruchy.



Obr. 25 Předmětné uspořádání [10]

4 VÝROBNÍ POSTUPY

Součástí praktické části této práce bude změna výrobního postupu a zproduktivnění výroby. Je tedy vhodné doplnit i teoretické základy o výrobních postupech.

Jedná se o soubor dokumentů, které zaznamenávají výrobní proces od vstupního polotovaru až po hotový výrobek.

Výrobní postup by měl zahrnovat:

- sled operací,
- výrobní stroje,
- zařízení a nářadí,
- výrobní podmínky,
- pracovní časy,
- výrobní náklady.

Pro vypravování výrobních postupů, je nutné mít kompletní podklady. Součástí těchto podkladů by mělo být:

- výrobní výkresy součástí, sestavení a technicko-přejímací podmínky,
- požadavky na množství vyráběných kusů i s počtem pro náhradní díly,
- výrobní možnosti dílny – stroje a zařízení, výrobní prostory, jeřáby, manipulační prostředky pro materiál,
- nářadí, nástroje a měřidla,
- organizace dílen, rozčlenění, vzájemné vztahy, stav pracovníků,
- kooperační možnosti na speciální požadavky v rámci oboru nebo oblastí na technologii, která v závodě není,
- ostatní podklady nutné pro zpracování určitých speciálních výrobních postupů.

4.1 Druhy výrobních postupů

Výrobní postupy jsou různé a liší se podle stupně výrobního procesu, od postupů určených pro zpracování surovin až po výrobu konečných výrobků. Podle rozsahu výroby existují specifické výrobní postupy pro výrobu kusovou, sériovou, velkosériovou a hromadnou.

Výrobní postupy se dají rozdělit podle druhu výroby, pro kterou jsou určeny.

Dělení technologických postupů podle určení:

- Prvovýroba – jedná se o postupy pro hutnickou výrobu. Zpracování vstupních materiálů.
- Výroba polotovarů – jedná se o postupy pro výrobu odlitků, výkovků vylisků atd.
- Obrábění – jedná se o postupy pro výrobu obrobků ze vstupních polotovarů.
- Tepelné zpracování – jedná se o postupy pro tepelné zpracování dílů. Díly se pro zlepšení mechanických vlastností např. žíhání, kalení, popouštění, zušlechťování.
- Povrchové úpravy – jedná se o postupy pro povrchové úpravy dílů kvůli zabránění korozi, popř. zlepšení vzhledu.
- Montážní – jedná se o postupy pro montáž výsledného dílu z jednotlivých podskupin.

Všeobecné metodické pokyny pro vypracování výrobních postupů

- Prostudování výrobních výkresů – je nutné vzít v potaz tvary a rozměry součástí, tolerance, jakost povrchu, doplňkové údaje v popisném poli, poznámky o tepelném zpracování a povrchové úpravě.
- Kontrola materiálu a údajů o materiálu od konstruktéra – zda lze materiál opracovat, přídavky na opracování, velikost polotovaru.
- Určení výchozí základny – plocha, od níž se bude při opracování vycházet.
- Stanovení se operací a jejich sled.
- Popis rozsahu operací.
- Stanovení pracovišť a výrobní stroje.
- Objednání kooperačních prací.
- Určení výrobních pomůcek.
- Přezkoušení přesnosti výroby – možnost vzniku zmetků.
- Zhodnocení výrobních postupů – v případě uvažování více různých postupů, provádí se jejich zhodnocení a porovnání.

- Hodnocení hospodárnosti výrobního procesu.
- Vyplnění definitivních údajů do příslušného formuláře.

Hlavní požadavky na výrobní postupy:

- Úplnost – je nutné, aby výrobní postup obsahoval všechny údaje potřebné pro výrobu dílu.
- Technická správnost – postup by měl být technicky správně bez chybných nebo zavádějících informací, jejichž důsledkem by byla výroba zmetků.
- Srozumitelnost – údaje zahrnuté v postupu musí být jednoznačně pochopitelné pro pracovníka, který bude dle postupu pracovat, s ohledem na jeho kvalifikaci
- Jednoznačnost – v postupu nesmí být informace uvedené ve formě, která by umožňovala dvojí výklad. Uvedené informace musí být jednoznačné.
- Hospodárnost – výrobní postup by měl být zvolen tak, aby zaručoval co nejnižší možné výrobní náklady a nejvyšší možnou produktivitu.

4.2 Členění výrobních postupů

Vypracování výrobního postupu co nejpodrobněji může zamezit ztrátám ve výrobě.

Výrobní procesy se člení na jednotlivé členy:

- Operace – jedná se o ukončenou a souvislou část výrobního postupu prováděnou na jednom pracovním předmětu na jednom pracovním místě jedním nebo více pracovníky.
- Úsek – jedná se o část operace, ve které se vykonává práce za přibližně stejných technologických podmínek.
- Úkon – jedná se o jednoduchou pracovní činnost např. upínání předmětu do stroje, zapnutí stroje, samotné obrábění
- Pracovní pohyb – jedná se o nejmenší měřitelnou pracovní činnost, která je částí úkonů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVĚNÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Současná situace na trhu je složitá a plná konkurence, proto se dodavatelé snaží si své zákazníky udržet. Zákazníci kladou požadavky na termíny dodání, cenu ale i kvalitu. Dodavatelé musí být schopni operativně reagovat na změnu požadavků u výroby dílů, na které již zakázky získali. Problémem může být navýšení množství dodávaných dílů. Dodavatelé musí přizpůsobit výrobní kapacity a procesy měnícím se požadavkům zákazníků. Řešením může být změna či optimalizace výrobního procesu.

Cílem této diplomové práce je zvýšit produkci výroby litinového náboje rotoru ve firmě TES VSETÍN s.r.o. s využitím současného strojového parku. Zákazník požaduje vyšší množství kusů, než které je současná technologie schopna vyprodukovat. Úzkým místem výroby je nedostatečně produktivní obrázení vnitřní drážky náboje rotoru. Cílem je navrhnout produktivnější řešení výroby této drážky. V rámci práce bude navržena nová technologie výroby. Bude porovnán současný stav s nově navrhovanou technologií. Dále bude vypracováno ekonomické zhodnocení nové technologie a budou porovnány náklady současné technologie a navrhované technologie. Cílem práce sice není snížení výrobních nákladů náboje rotoru, ale technologie by měla být schopna pokrýt případné investice a nebýt ve ztrátě oproti současné technologii. Závěrem bude vyhodnocení navrhované technologie z pohledu produkce a nákladů.

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN

Tato diplomová práce je realizována pro firmu TES VSETÍN s.r.o. za účelem zvýšení výrobní kapacity náboje rotoru.

Firma TES je jedním z vedoucích evropských výrobců zakázkových generátorů, motorů, pohonů a dalších elektrických strojů a jejich systémových komponentů. Mezi nejčastější zákazníky patří firmy sídlící v Turecku, Německu, Kanadě, Itálii, Finsku, Norsku a Švédsku.

6.1 Historie společnosti

Firmu TES Vsetín založil v roce 1919 významný podnikatel a vynálezce Josef Sousedík. Na jeho jméno je dodnes přihlášeno 58 patentů na území Československa a dalších 163 v zahraničí napříč obory elektrotechnických přístrojů, pohonů elektrické trakce a automatické regulace. Jedním z nejznámějších vynálezů je elektromechanický přenos výkonu, který sestrojil pro vůz M290 známý jako „Slovenská strela“. Sousedík svůj elektrotechnický a strojní závod „Elektrotechnická továrna“ otevřel v září na pozemku bývalé pily stavitele Rudolfa Londina na Vsetíně.

První patent na automatický spouštěč ohlásil Josef Sousedík již v roce 1920. Jen o rok později hlásí další patent tentokrát na třífázový generátor s vlastním buzením.

Závod se v roce 1927 rozšiřuje o vlastní slévárnu s modelárnou. Je zahájen provoz v nově zbudované soustružnické dílně. Jsou zde vyráběny stejnosměrné stroje a později se do výrobního programu závodu přidávají i synchronní generátory a asynchronní motory s kotvou na krátko. Podnik se rozrůstá a má již kolem 200 zaměstnanců. Bohužel na něj ve 30. letech dopadá světová hospodářská krize a Sousedíkův majetek je převeden do vlastnictví podniku Ringhoffer-Tatra.

V období války Sousedík žádné další patenty nepodává, aby nemohli být zneužity nacisty. Po válce dochází v podniku k dalšímu rozvoji, tentokrát pod značkou MEZ Vsetín. Dochází k rozšíření výrobního programu o komutátorové motory a zkušební stanoviště pro měření výkonu a otáček, později i o kompletní pohony se stejnosměrnými motory. Velká část produktů je expedována do SSSR.

Výrobní program se dále rozšiřuje po roce 1989 o stejnosměrné motory, výrobu synchronních a asynchronních generátorů, asynchronní motory pro těžký průmysl a velké stroje s permanentními magnety.

V roce 1994 dochází k privatizaci společnosti a je založena společnost TES Vsetín s.r.o. Poté konstrukce zvyšuje výkon stejnosměrných hutních motorů.

Po roce 2000 dochází k dalšímu rozšíření výrobního programu a společnost TES přichází s horizontálními a vertikálními generátory pro malé vodní elektrárny. V následujících letech se společnost dále rozrůstá. V roce 2012 dochází k fúzi s firmou Mez servis, která je známým výrobcem kompletních elektrických pohonů, zkušebních stanovišť, rozvaděčů a průmyslové automatizace. Dále je postavena nová hala pro montáž a testování.

Evropská unie uděluje v roce 2017 Tesu inovační projekt pro optimalizaci váhy a izolace generátorů a pro vývoj zkušebního stanoviště pro testování emisí a u vozů nad 3,5 tuny. Dalším novým projektem ve stejném roce je vývoj prototypů nové generace lodních motorů. [7]

6.2 Výrobní program společnosti

Firma TES Vsetín s.r.o. je rozdělena do tří divizí, které se podílí na vývoji a výrobě generátorů, motorů a jejich komponentů, zkušební techniky a strojů pro průmyslovou automatizaci, které dodávají do téměř celého světa.

TED

Hlavním produktem divize TED jsou elektrické pohony, které jsou používány pro jednomotorové a vícemotorové pracovní stroje, technologické linky a další zařízení. Podle přání zákazníka je součástí řešení zpracování projektu, tvorba softwaru, dodávka elektrických zařízení, kabely a jejich instalace, snímače, čidla, sensory a další komponenty dle zadání.

TEM

Divize TEM je zaměřena na výrobu vlastních strojů TES. Jedním z nejprodávanějších produktů jsou synchronní generátory. Pro jednotlivé konkrétní aplikace jsou podle požadovaných parametrů generátory konstrukčně upravovány. Generátory mohou být použity pro získávání energie ve vodních elektrárnách, větrných elektrárnách, jaderných elektrárnách případně pro získávání energie z neobnovitelných zdrojů. Dalším možným využitím generátorů je lodní doprava například tankery, zásobovací lodě, nákladní lodě a trajekty. Vyráběné generátory dosahují vysokého výkonu až do 20 000 kVA.

TEC

Divize TEC se věnuje kooperační výrobě pro zákazníky podle jejich vlastní dokumentace a specifikací. Předmětem zakázek jsou díly motorů, generátorů a dalších mechanických součástí. Komponenty podle dokumentace zákazníka mohou lisované plechy, svařované nebo spěkané pakety, vinutí, svařování a opracování dílů z konstrukční oceli nebo obrábění odlitků. Dále může divize nabídnout lakování, vyvažování nebo impregnaci komponent.

Jednotlivé produkty všech divizí je podle kategorií rozdělit následovně:

- **Synchronní generátory** – podle konstrukce se může jednat o GSH – generátory s hladkým rotorem, GSV – generátory s vyniklými póly, GSP – generátory s permanentními magnety.
- **Asynchronní generátory** – především GAK – generátory s kotvou nakrátko.
- **Motory** – podle provedení se může jednat o MSP – motory s permanentními magnety nebo MAK – asynchronní hutní motory.
- **Stejnoseměrné motory** – SH – stejnosměrné hutní motory nebo S – stejnosměrné motory pro všeobecné použití
- **Indukční regulátory napětí.**
- **Zkušební technika** – podle zaměření se může jednat o zkušebny osobních automobilů, zkoušení výkonu a brzd traktorů a nákladních vozidel, Hot test zkušebny, montovatelné auditové zkušebny nebo zkušební stavy převodovek.
- **Stroje pro průmyslovou automatizaci.**
- **Kooperační výroba a výroba komponentů.**

Výroba všech produktů těchto divizí je prováděna na jednotlivých provozovnách rozdělených do jednotlivých výrobních středisek podle technologického zaměření:

- **Lisovna** – lisování plechu pro výrobu statorových a rotorových paketů. Maximální možnosti lisovny jsou průměr 2000 mm a tloušťka plechu od 0,2 mm po 2 mm.
- **Svařovna** – svařování a tryskání komponentů pro výrobu jednotlivých strojů. Maximální možnost jsou svařence do délky 4000 mm nebo váha 12 tun.
- **Parketárna a navijárna** – paketování plechů a navíjení svazků.
- **Montáž** – montáž a zkoušení strojů.
- **Lakovna** – nátěr výrobků
- **Obrobna** – soustružení, frézování a broušení komponentů pro výrobu. Maximálním rozměrem je 4000 mm. Obráběcí operace se zde provádí na soustruzích, karuselech nebo vyvrtávacích centrech. Nejčastěji používaný materiál pro obrábění je běžná svařitelná ocel třídy 11. Výroba je zaměřena spíše na kusovou či malosériovou výrobu.

6.3 Stroje pro výrobu náboje rotoru

V této kapitole budou zmíněny stroje důležité pro výrobu náboje rotoru, který je předmětem této práce. Kapitola bude hlavně zaměřena na stroje, které je možné zvážít pro výrobu drážky pro pero.

6.3.1 Obrážek ST 350

Obrážek je stroj aktuálně používaný pro výrobu drážky. Jedná se o stroj z roku 1950. Automatický přísun do řezu, jež měl stroj z výroby, po letech používání již není funkční, a tak veškeré zásadní parametry výkonnosti stroje závisí na manuální zručnosti dělníka.



Obr. 26 Obrážek

Tab. 1 Parametry obrážeky

Základní parametry obrážeky	
Průměr stolu	800 mm
Zdvih	350 mm

6.3.2 WHN 13

Stroj WHN13 je univerzálním horizontálním obráběcím strojem určeným pro frézování, vrtání, vyvrtávání a řezání závitů skříňových, deskových a tvarově složitých obrobků. Je možné jej použít pro obrábění obrobků z litiny, ocelolitiny a oceli. Univerzální frézka WHN 13 je také staršího data a je tedy méně výkonná než modernější frézky.



Obr. 27 Univerzální fréza WHN 13

Tab. 2 Parametry stroje WHN 13

Základní parametry WHN 13	
Rozjezd v ose X	3800 mm
Rozjezd v ose Y	2500 mm
Rozjezd v ose Z	1400 mm
Vysunutí vřetena	600 mm
Rozměry stolu	1600 x 1800 mm
Nosnost stolu	10 tun
Maximální otáčky	800 min ⁻¹
Vnitřní chlazení	NE
Automatická výměna	NE
Rychloposuv stroje	4000 mm.min ⁻¹

7 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU

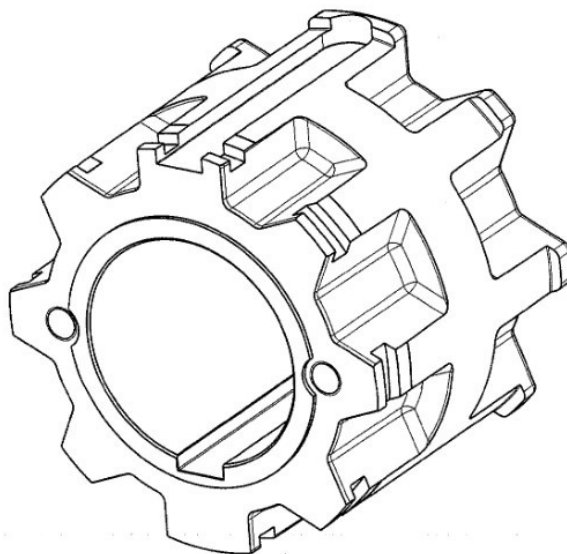
Pro tuto práci byla vybrána součást vyráběná firmou TES, jejíž proces výroby je třeba optimalizovat pro docílení vyšší produktivity.

7.1 Předmět studie

Předmětem diplomové práce je výrobek zvaný „náboj rotoru“, který firma TES dodává jednomu ze svých zákazníků. Současná výroba tohoto dílu je realizována jako kusová výroba. Nyní je uvažováno vyšší množství kusů, a proto je nutné zvážit produktivnější možnosti výroby. Úzkým místem výroby je drážka pro pero, jejíž výrobou se bude tato práce primárně zabývat.

Náboj rotoru je litinový díl s vnějším průměrem 360 mm a délkou 286 mm. Vnitřní průměr dílu je 200 mm. Ve vnitřním průměru je obrážena drážka pro pero 45H9. Na vnějším průměru je drážka 45P9. Odlitek je hotový nakupován u dodavatele.

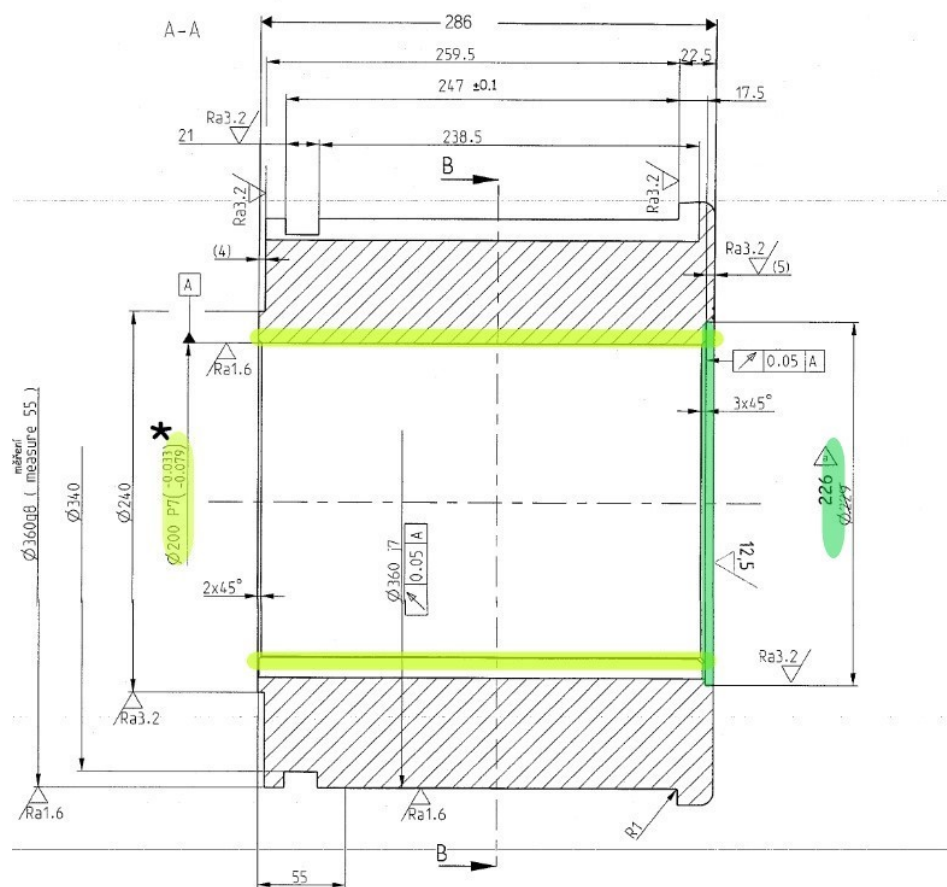
Náboj je součástí rotoru, i když není vždy nutný. Náboj může být v rotoru použit v případě, že nelze paketovat rovnou na hřídel nebo je požadavek na ventilaci svazku. V tomto případě se jedná o žebrovaný náboj. Důvodem může být požadavek na ventilaci svazku, případně snížení hmotnosti. Dalšími důvody pro použití náboje v rotoru může být velký rozměr hřídele, kvůli kterému nelze paketovat přímo na hřídel. Náboje mohou být vyrobeny z ocelových trubek nebo litinových odlitků. V tomto případě se kvůli častému opakování výroby použije odlitek, který je posléze opracován.



Obr. 28 Náboj rotoru

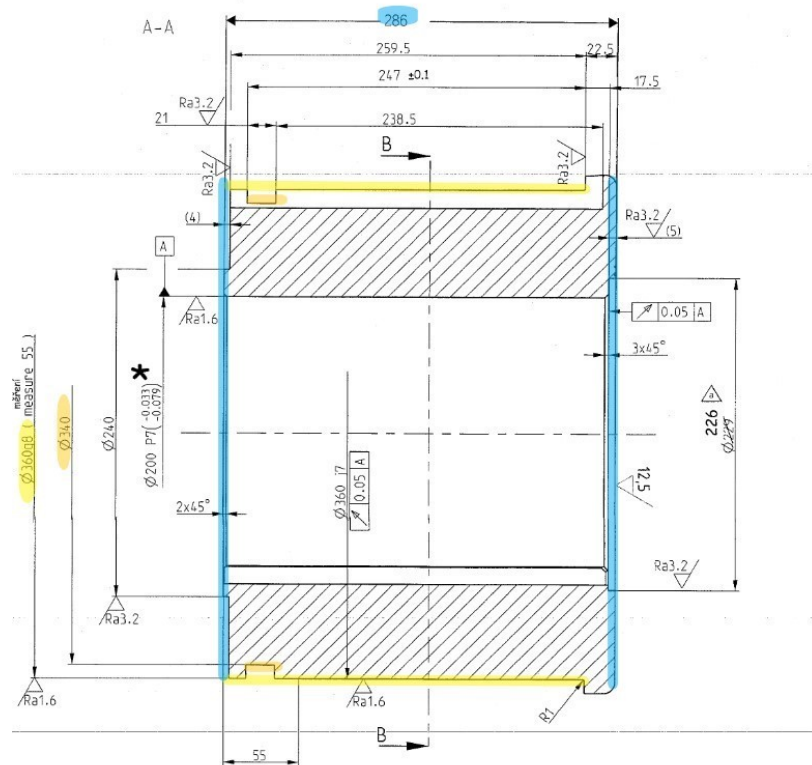
7.2 Současný stav výroby

Současná technologie opracování náboje rotoru, podle výkresu zákazníka, je v Tesu realizovaná jako kusová výroba. Odlitek je po dodání tryskán. Dále je nanesen nátěr. Díl je upnut do čelistí obráběcího stroje WHN 13 a vystředěn podle vnitřního otvoru. Soustružením se zarovná čelo, vyhrubuje se otvor o průměru 200P7 na průměr 198 mm skrz. Na jedno upnutí se také dokončí průměr 226 mm a srazí hrany. Při této operaci se díl kontroluje kvůli pórům. Pokud by odlitek obsahoval póry, je nutné dále nepokračovat s opracováním a vystavit hlášenku neshody.



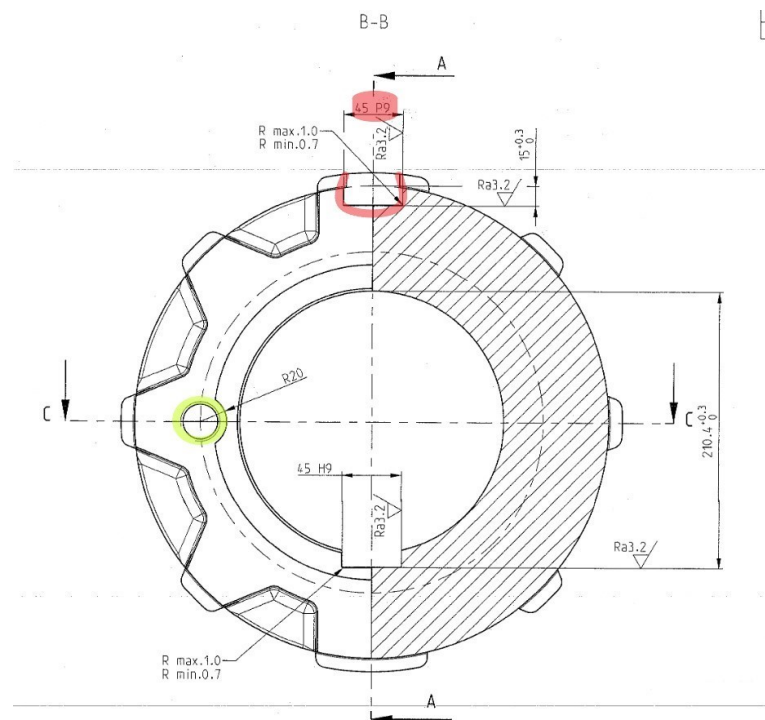
Obr. 29 První operace

V další operaci je součást upnuta na přírubu s možností přepínat součást v upínkách a je dále soustružena. Je dokončeno čelo na rozměr $286 \pm 0,1$ mm. Po přepnutí upínek přes otvor je hrubován otvor o průměru 360 mm na průměr 362 mm a dokončen zápich šířky 21 mm na průměru 340 mm. I v této operaci je díl kontrolován kvůli pórům v odlitku.



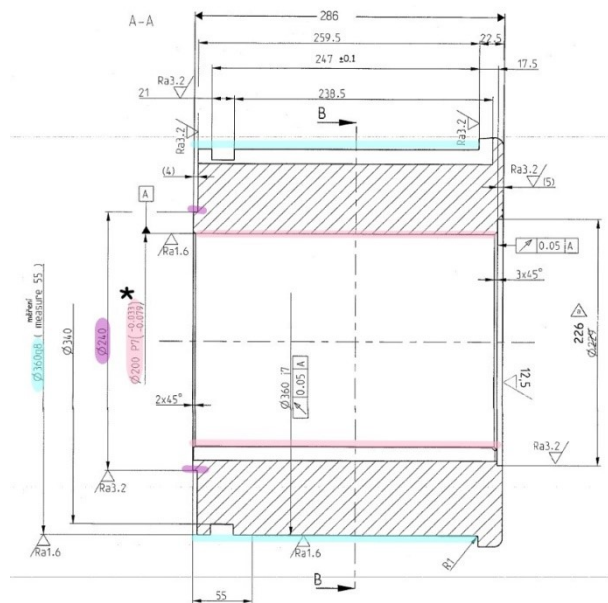
Obr. 30 Druhá operace

Díl je přesunut na obráběcí centrum WFQ 80. Náboj je upnut na přírubu a je frézováno dvakrát R20 pro závity. Plynulým napojením je dále vrtáno dvakrát M30. Dále je frézována vnější drážka šířky 45P9 a naznačena vnitřní drážka pro obrázení.



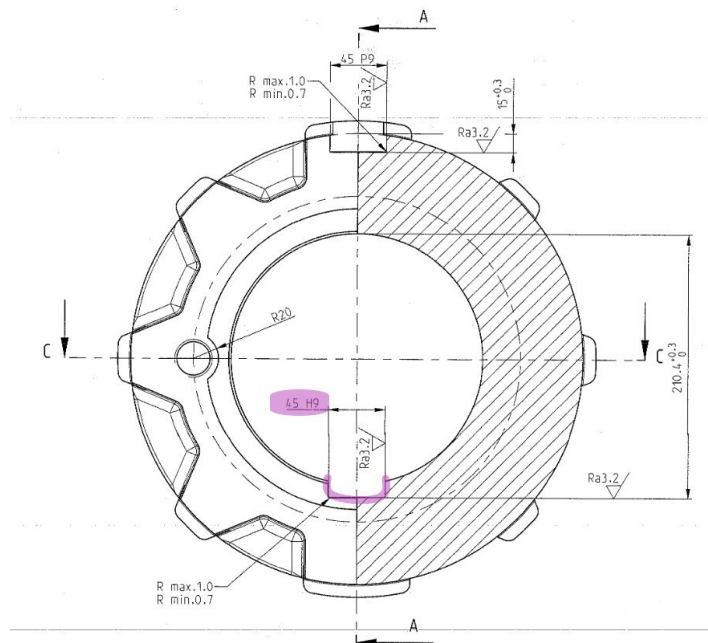
Obr. 31 Třetí operace

Díl je znovu upnut na přírubu pro stroj WHN 13. Soustružením je dokončen průměr 360g8 a průměr 240 - 0,05 mm. Přepnou se upínky a je dokončen také průměr 200P7.



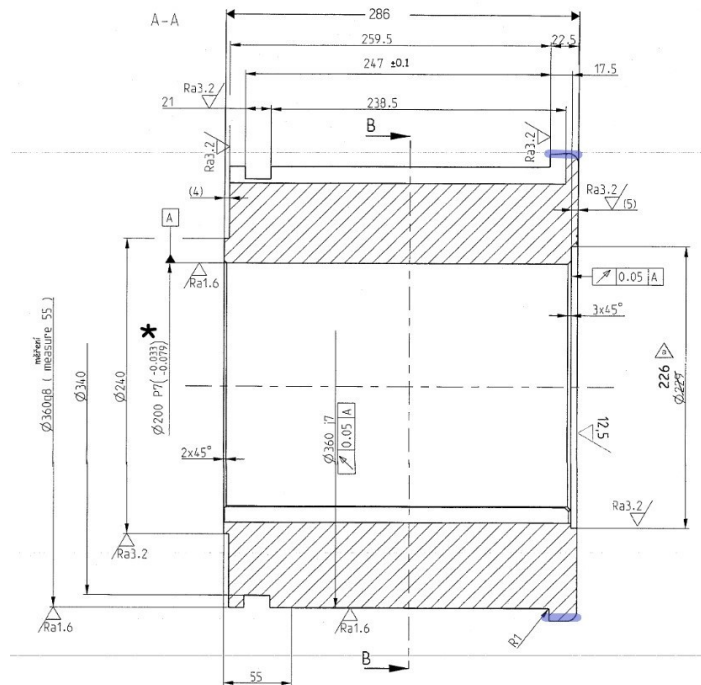
Obr. 32 Čtvrtá operace

Díl je přesunut k obrážece. Díl je polohován podle vnější drážky a je obrážena vnitřní drážka. Je nutné díl mazat petrolejem kvůli častému lámání nožů. Vnitřní drážka pro pero 45H9 je obrážena na manuálně obsluhovaném stoju, kde je nutné drážku obrážet ve třech krocích. Nejdříve je obrážen střed drážky. Následně je nejdříve drážka rozšířena od středu na jednu stranu na správný rozměr a poté i od středu na druhou stranu.



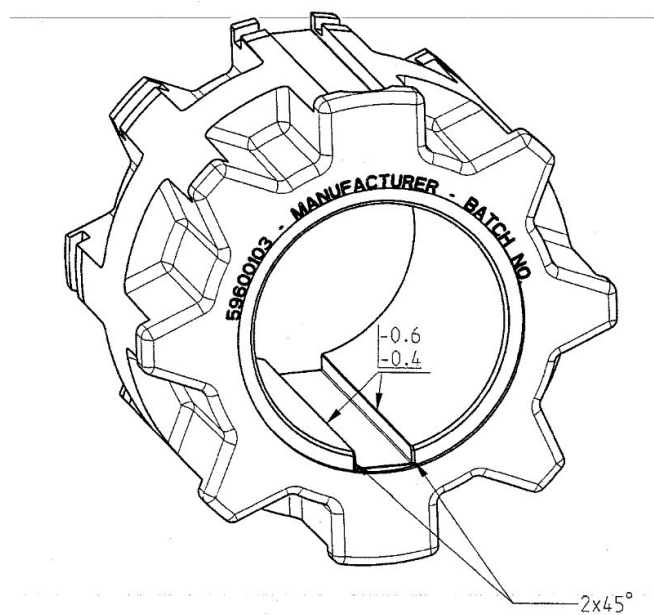
Obr. 33 Obrážení drážky 45H9

V další operaci je díl kompletně ojehlený po obrábění a jsou sraženy hrany čela a drážky. Na vnější průměr zubu na průměru 380g8 u vnitřní drážky 45H9 je vyraženo číslo pojistky a číslo kusu.



Obr. 34 Dokončení a značení dílu

Plochy dílu jsou konzervovány dle předpisu PNT 350008. Poslední operací je nátěr pravého velkého čela a oprava již natřených ploch, které byly poškozeny upnutím. Je nutno při nátěru chránit opracované plochy.



Obr. 35 Kompletní náboj

Tab. 3 Současný technologický postup

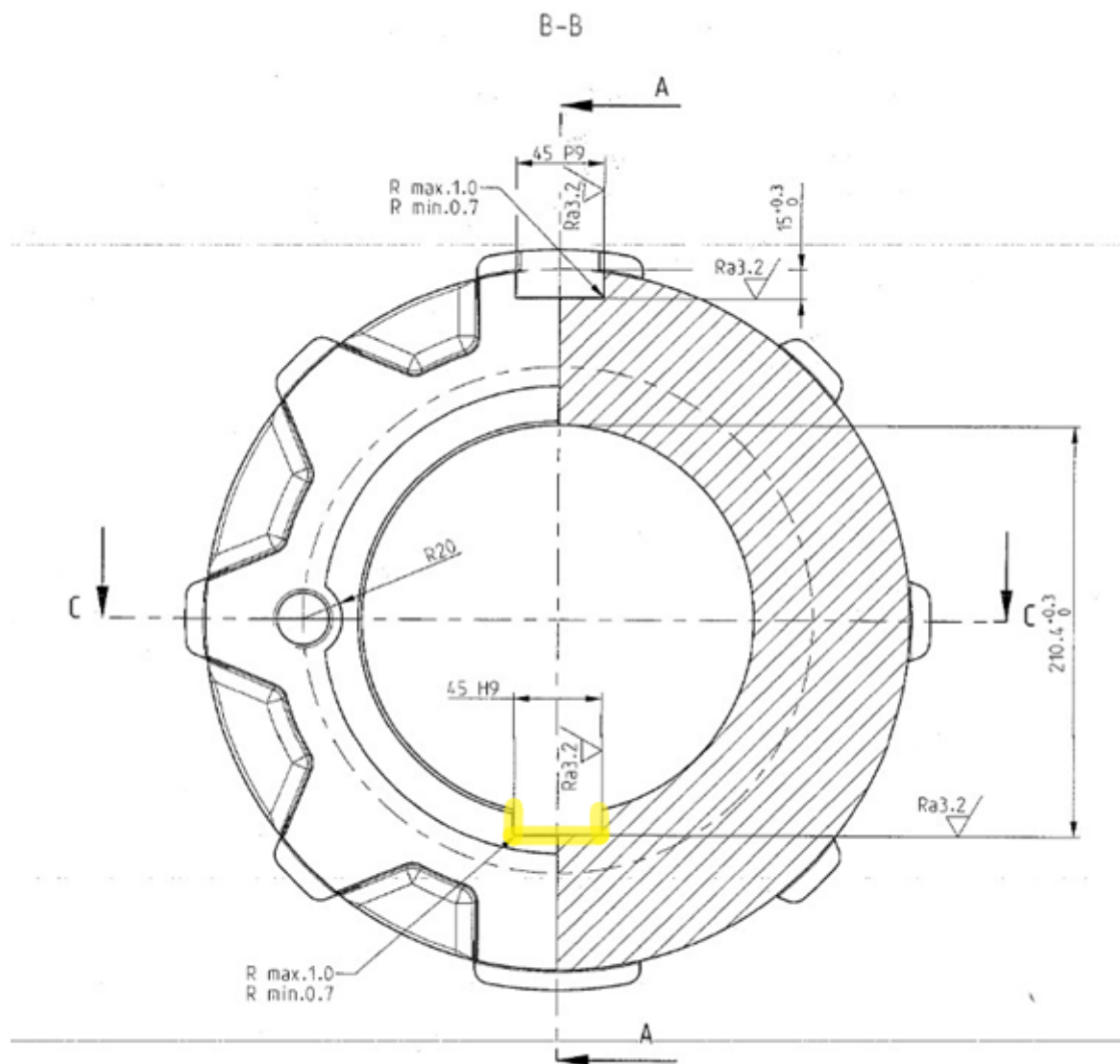
Technologický postup			
č. op.	název operace	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]
8	TRYSKAT	0,13	0,25
9	STRÍKAT	0,10	0,20
10	SOUSTRUŽIT	0,92	0,73
20	SOUSTRUŽIT	1,08	1,38
30	OBRÁBĚT	1,50	0,75
50	SOUSTRUŽIT	1,08	1,54
55	OBRÁŽET	1,00	1,27
60	UPRAVIT	0,10	0,39
65	RAZIT	0,05	0,03
70	KONTROLOVAT	0,00	1,00
80	KONZERVOVAT	0,05	0,08
115	STRÍKAT	0,10	0,20

Nejméně produktivní operací současné technologie je obrázení vnitřní drážky 45H9. Drážka je obrážena na stroji z roku 1950 bez jakékoli automatizace. Veškerá produktivita a výkonnostní parametry stroje jsou závislé na manuálních schopnostech dělníka. Při úběru 0,1 mm na jeden zdvih stroje, je nutné 100 zdvihů na každý krok postupu obrázení, tj. 400 zdvihů na jednu kompletní drážku. Nakonec je drážka dokončena po výměně nástroje. Výsledná kvalita i rozměr je dána parametry obrážecího nástroje. Pracovník není schopen kvalitu ani výsledný rozměr ovlivnit. Případný chybný rozměr drážky zjistí až po zhotovení a je neopravitelný.

Postup výroby drážky 45H9

Obr. 36 Obrázení drážky 45H9

1. Střed drážky: postupným úběrem materiálu po 0,1 mm je nožem obrázen střed drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm obrázcím nožem 16 mm.
2. Strana drážky: postupným úběrem materiálu po 0,1 mm je obrážena pravá strana drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm obrázcím nožem 16 mm.
3. Strana drážky: postupným úběrem materiálu po 0,1 mm je obrážena levá strana drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm obrázcím nožem 16 mm.
4. Dokončení drážky: drážka je dokončena širším nožem v požadované toleranci H9.



Obr. 37 Vnitřní drážka 45H9

8 NAVRHOVANÁ TECHNOLOGIE

Nejdříve byly prostudovány technologie dostupné ve firmě Tes. Firma disponuje různými stroji pro třískové obrábění případně strojem na elektroerozivní drátové řezání. Dále byly studovány technologie, které se běžně používají pro tento charakter výroby. Po prostudování dostupných technologií, kterými je firma Tes vybavena, a technologií, jež se obvykle používají pro tento charakter výroby, se nabízí následující možnosti.

Možnost 1

Jednou z možností výroby vnitřní drážky je protahování. Technologie je vhodná pro obrábění vnitřních nebo vnějších rovinných nebo tvarových ploch mnohobřitým nástrojem. Používá se převážně v sériové a hromadné výrobě z důvodu vysoké ceny a složité výroby nástrojů. Pro výrobu drážky pomocí protahování je nutný protahovací stroj a protahovací trn. Tato technologie však není ve firmě Tes v současné době k dispozici. Přesto bylo u výrobce protahovacích strojů a nástrojů prověřeno zda by bylo možné drážku 45H9 vyrábět pomocí technologie protahování. Výrobce nás informoval že není možné realizovat tak velký úběr pomocí protahování.

Možnost 2

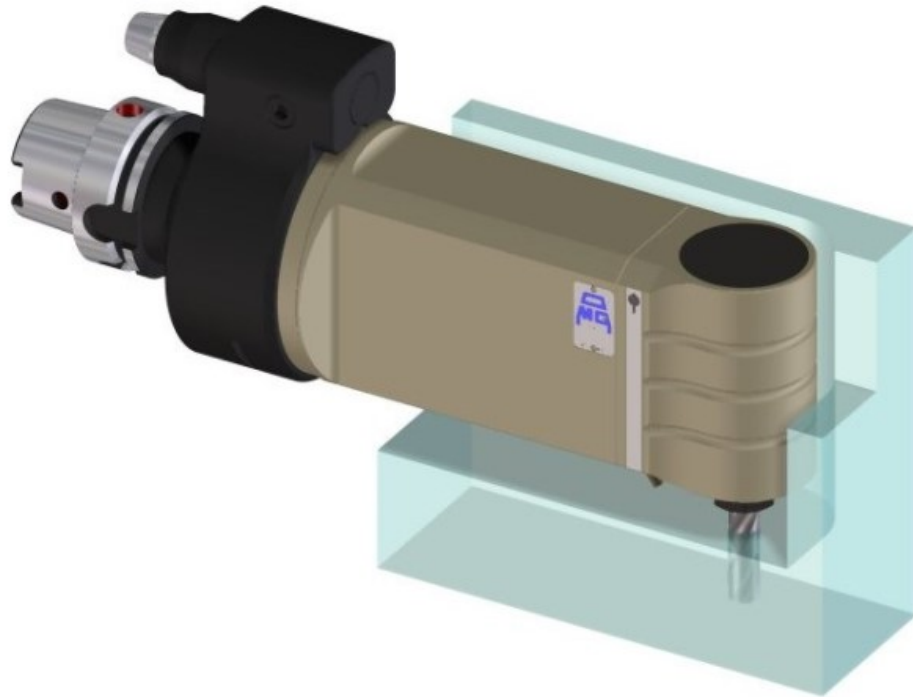
Další možností je vyřezání drážky pomocí elektroerozivního drátového řezání. Elektroerozivní drátové řezání využívá působení elektrických nábojů mezi dvěma elektrodami. Při této technologii nedochází k mechanickému úběru materiálu. Drátové obrábění je vhodné pro homogenní materiály. Firma Tes má tuto technologii k dispozici. Tato technologie by sice mohla být uvažována, stroj by takovouto výrobu zvládl, ale pracovní čas by byl v řádech hodin. To je samo o sobě méně produktivní než současná technologie. Dalším důvodem, proč tuto technologii neuvažují je nedostatečná kapacita pro tuto výrobu. Stroj je nutné využívat pro výrobu střížných nástrojů v nástrojárně, kde není dostupná náhradní technologie.

Možnost 3

Zbývá možnost použití třískového obrábění. Současné stroje firmy Tes nejsou vybaveny na výrobu vnitřní drážky. Proto jsem se zabývala možnostmi na trhu. Po prostudování možností na trhu byla zjištěna možnost použití úhlové hlavy, která umožní obrábění v dutině. Jedná se o přídavné zařízení k obráběcím strojům, přes mezi přírubu je možné jej aplikovat na celou řadu frézovacích strojů.

8.1 Úhlová hlava

Z uvedených možností jsem pracovala s možností koupě úhlové hlavy. Tato hlava by umožnila pro výrobu drážky použít jeden z obráběcích strojů. V případě firmy tes by mohla být použita pro obráběcí stroj WHN 13.



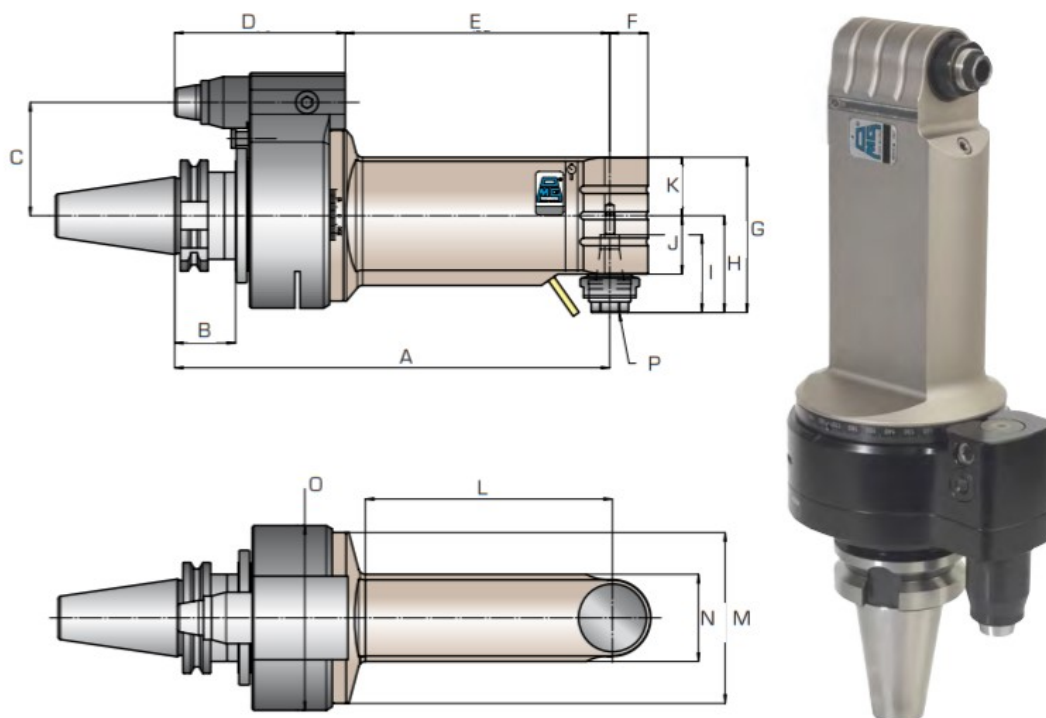
Obr. 38 Úhlová hlava [23]

Konkrétní typ úhlové hlavy pro použití ve firmě TES musí být vhodný pro použití na stroji WHN 13. Další parametry, které bylo nutné zohlednit při výběru konkrétního typu úhlové hlavy, je velikost otvoru součásti, ve které je drážka zhotovována, šířka drážky a velikost nástroje, který je použit. V tomto případě budou limitující parametry – vnitřní průměr náboje 200 mm, šířka drážky 45 mm a velikost použitého nástroje.

Byla prostudována nabídka na trhu. Vytipovali se někteří z výrobců, kteří byli následně osloveni ohledně vhodnosti použití pro náš konkrétní případ.

TA Extended Series

Extended Angle Heads



Obr. 39 Úhlová hlava TA 20PL z katalogu YMT [23]

Tab. 4 Parametry úhlové hlavy TA 20PL

Typ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	KG	RPM
BT50 TA20PL	193	45	80	98	162	38	157	97,5	52,5	59	59	143	φ118	82	φ128	ER32	16,5	3.500

Po prostudování nabídek výrobců úhlových hlav, jejich rozměrů a parametrů (jako jsou otáčky, způsob upínání nástroje zatížení) byla vybrána úhlová hlava TA20.pl od dodavatele YMT. S dodavatelem byla konzultována vhodnost použití. Dodavatel potvrdil vhodnost použití úhlové hlavy TA20.PL a zároveň navrhl dodat nejen úhlovou hlavu ale i mezipřírubu po její upnutí na vybraný stroj WHN 13.



Obr. 40 Vybraná úhlová hlava TA 20PL [23]

8.2 Výpočet pro použití úhlové hlavy

Pro výrobu drážky pomocí úhlové hlavy je nutné určit nástroj a výrobní čas. Výrobní čas bude vycházet z parametrů nástroje. Celkový čas t_{ac} musí mimo jiné obsahovat čas pro upínání a odepínání dílu. Tento čas byl určen podle zkušeností s upínáním dílu při obrábění drážky na vnějším průměru. Díl je upínán do upínacích čelistí stroje, kde je polohován do správné pozice pro opracování drážky. Čas nutný pro toto upnutí je 25 minut.

Nástroje pro opracování drážky budou zvoleny ze slinutého karbidu. Drážka bude zhotovena ve dvou krocích. Nejdříve bude vyhrubována hrubovacím nástrojem na rozměr 43 mm a následně dokončena dokončovacím nástrojem na hotový rozměr 45H9. Dno drážky bude hrubovacím nástrojem opracováno na hotovo.

Otáčky stroje je nutné použít nižší, než jsou maximální možné z důvodu použití úhlové hlavy. Použití úhlové hlavy snižuje tuhost soustavy stroje, což je nutné zohlednit při volbě otáček. Při snížené tuhosti soustavy hrozí rozkmitání soustavy, což by mohlo vést k poškození nástroje.

8.2.1 Výběr hrubovacího nástroje

Pro hrubování drážky bude použita fréza ze slinutého karbidu. Byly vytipovány tři různé průměry nástroje a následující výpočty ověřily vhodnost a efektivitu použití.



Obr. 41 Hrubovací fréza

Hrubovací nástroj 1 – průměr 20 mm

Uvažována bude válcová čelní fréza o průměru 20 mm ze slinutého karbidu se třemi zuby. Počet zubů hrubovacího nástroje je zvolen s ohledem na malý prostor manévrování a prostor nutný k odvodu třísky. Hrubovací nástroj zhotoví drážku ve třech krocích, nejdříve střed a následně ji rozšíří na pravou i levou stranu na hrubovací rozměr 43 mm. Úběr bude realizován po 1 mm hloubky drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm.

Otáčky jsou dány průměrem nástroje a parametry stroje. Kvůli použití úhlové hlavy je nutné použít nižší otáčky stroje, než jsou maximální. Pro průměr 20 mm budou použity otáčky 700 ot/min.

Posuv na zub je dán nástrojem. Pro průměr 20 mm je 0,15 mm.

$$n = 700 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f_z = 0,1 \text{ mm}$$

$$z = 3$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 700 \cdot 0,1 \cdot 3 = 210 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$L = (L_{náb} + D_{nás}) \cdot p = (286 + 20) \cdot 3 \cdot 10 = 9\,180 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{9180}{210} = 43,71 \text{ min}$$

Hrubovací nástroj 2 – průměr 25 mm

Uvažována bude válcová čelní fréza o průměru 25 mm ze slinutého karbidu se třemi zuby. Počet zubů hrubovacího nástroje je zvolen s ohledem na malý prostor manévrování a prostor nutný k odvodu třísky. Úběr materiálu je po 1 mm hloubky drážky. Hrubovací nástroj zhotoví drážku ve dvou krocích, nejdříve jednu stranu a pak duhou na hrubovací rozměr 43 mm. Úběr bude realizován po 1 mm hloubky drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm.

Otáčky jsou dány průměrem nástroje a parametry stroje. Kvůli použití úhlové hlavy je nutné použít nižší otáčky stroje, než jsou maximální. Pro průměr 25 mm budou použity otáčky 600 ot/min.

Posuv na zub je dán nástrojem. Pro průměr 25 mm je 0,12 mm.

$$n = 600 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f_z = 0,12 \text{ mm}$$

$$z = 3$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 600 \cdot 0,12 \cdot 3 = 216 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$L = (L_{náb} + D_{nás}) \cdot p = (286 + 25) \cdot 2 \cdot 10 = 6\,220 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{6\,220}{216} = 28,8 \text{ min}$$

Hrubovací nástroj 3 – průměr 30 mm

Uvažována bude válcová čelní fréza o průměru 30 mm ze slinutého karbidu se třemi zuby. Počet zubů hrubovacího nástroje je zvolen s ohledem na malý prostor manévrování a prostor nutný k odvodu třísky. Úběr materiálu je po 1 mm hloubky drážky. Hrubovací nástroj zhotoví drážku ve dvou krocích, nejdříve jednu stranu a pak duhou na hrubovací rozměr 43 mm. Úběr bude realizován po 1 mm hloubky drážky až do požadované hloubky drážky 10 mm.

Otáčky jsou dány průměrem nástroje a parametry stroje. Kvůli použití úhlové hlavy je nutné použít nižší otáčky stroje, než jsou maximální. Pro průměr 30 mm budou použity otáčky 500 ot/min.

Posuv na zub je dán nástrojem. Pro průměr 30 mm je 0,15 mm.

$$n = 500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f_z = 0,15 \text{ mm}$$

$$z = 3$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 500 \cdot 0,15 \cdot 3 = 225 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$L = (L_{náb} + D_{nás}) \cdot p = (286 + 30) \cdot 2 \cdot 10 = 6\,320 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{6\,320}{225} = 28,01 \text{ min}$$

8.2.2 Dokončovací nástroj průměr 20 mm

Dokončovacím nástrojem bude dokončen vyhrubovaný rozměr 43 mm na hotový rozměr 45H9. operace bude provedena ve dvou krocích. Nejdříve bude drážka opracována na rozměr 44, změřena a následně dokončena na rozměr 45H9. Dno je již po hrubování dokončeno na hotovo, proto je v této operaci dokončována pouze šířka drážky.

Nástroj je zvolen o průměru 20 mm ze slinutého karbidu se 6 zuby. Použité otáčky stroje jsou dány průměrem nástroje a parametry stroje. Kvůli použití úhlové hlavy je nutné použít nižší otáčky stroje, než jsou maximální. Pro průměr 20 mm budou použity otáčky 700 ot/min.



Obr. 42 Dokončovací fréza

Posuv na zub je dán nástrojem. Pro průměr 20 mm je 0,05 mm.

$$n = 700 \text{ ot. min}^{-1}$$

$$f_z = 0,05 \text{ mm}$$

$$z = 6$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 700 \cdot 0,05 \cdot 6 = 210 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$L = (L_{náb} + D_{nás}) \cdot p = (286 + 20) \cdot 2 = 612 \text{ mm}$$

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{612}{210} = 2,91 \text{ min}$$

Operace bude opakována 2x a mezitím bude provedeno měření drážky pro zadání dokončovacího posuvu, které se zadá stroji před poslední operací. Tato kontrola trvá dle zkušeností pracovníků 2 minuty. Výsledný čas dokončovací operace je tedy 7,83 min.

$$t_{AS-dok} = 2 \cdot t_{AS} + 2 = 2 \cdot 2,91 + 2 = 7,83 \text{ min}$$

8.2.3 Celkový čas opracování drážky

Z uvažovaných hrubovacích nástrojů byl zvolen nástroj o průměru 25 mm ze slinutého karbidu se třemi zuby. Hrubovací nástroj o průměru 25 mm splňuje požadavky na snížené otáčky stroje i průměr upínací stopky odpovídá parametrům pro použití ve zvolené úhlové hlavě.

Dokončovací nástroj byl vybrán o průměru 20 mm.

Nástroj o průměru 20 mm není uvažován z důvodu vyššího výrobního času, než má zvolený nástroj. Dalším důvodem nepočítat s tímto nástrojem je obava z použití velkých otáček, které by mohly být při použití úhlové hlavy problematické. Vysoké otáčky by mohly způsobit rozkmitání soustavy, jejíž tuhost je snížena použitím úhlové hlavy.

Nástroj o průměru 30 mm sice má nižší výrobní čas než zvolený nástroj, nic méně v tomto případě existuje obava ze zatížení hlavy. Průměr stopky nástroje je na hraně použitelnosti pro daný typ úhlové hlavy.

Celkový výrobní čas se skládá z upínání dílu, hrubovací operace, dokončovací operace, měření drážky, dokončení drážky na požadovaný rozměr a odepínání dílu.

$$t_{ac} = 28,8 + 7,83 + 25 = 61,63 \text{ min}$$

Přípravný čas pro vyhotovení drážky je určen podle upínání dílu při vyhotovení drážky na vnějším průměru. Tento čas je 90 min.

$$t_{bc} = 90 \text{ min}$$

Tab. 5 Navrhovaný technologický postup

Technologický postup			
č. op.	název operace	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]
8	TRYSKAT	0,13	0,25
9	STRÍKAT	0,10	0,20
10	SOUSTRUŽIT	0,92	0,73
20	SOUSTRUŽIT	1,08	1,38
30	OBRÁBĚT	1,50	0,75
50	SOUSTRUŽIT	1,08	1,54
55	OBRÁBĚT	1,50	1,03
60	UPRAVIT	0,10	0,39
65	RAZIT	0,05	0,03
70	KONTROLOVAT	0,00	1,00
80	KONZERVOVAT	0,05	0,08
115	STRÍKAT	0,10	0,20

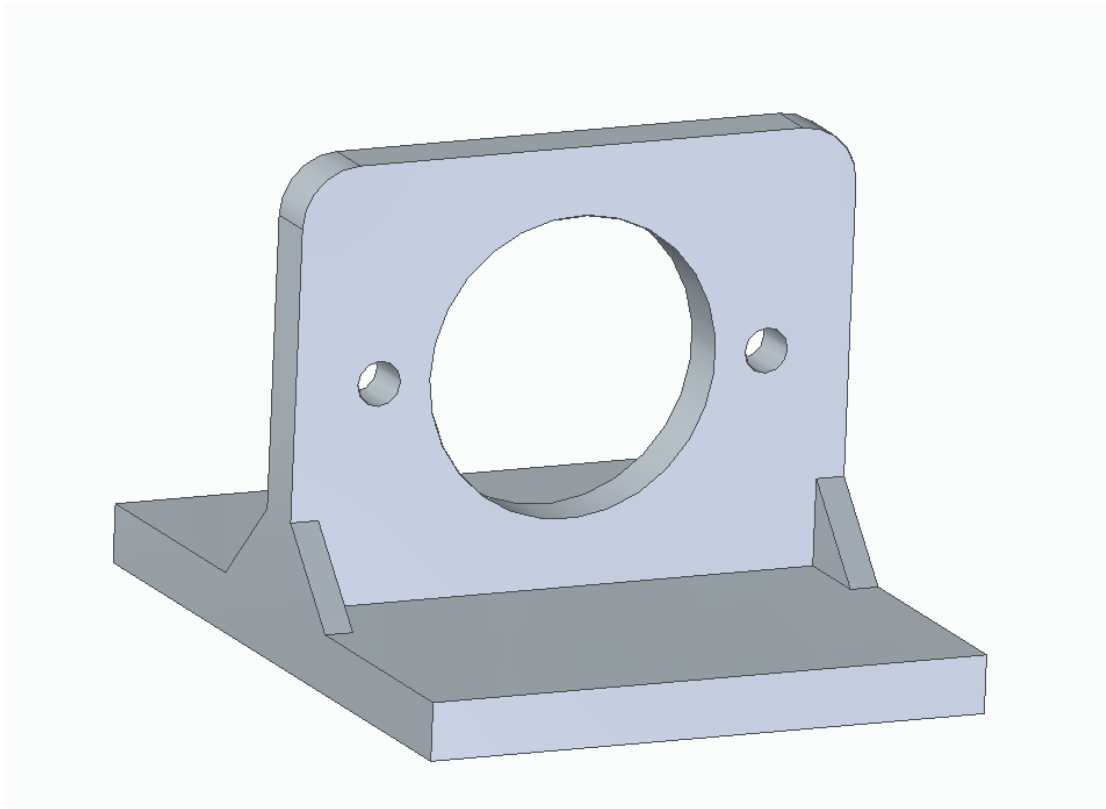
8.2.4 Přípravek

Navrhovaná technologie výroby drážky byla spočítána a podle vypočtených dat vychází produktivnější. Nicméně rozbor časů ukázal vysoké časy nutné pro upnutí a odepnutí dílu na stroji WHN 13. Poměr vedlejších časů upínání a odepínání vůči strojním časům vedl k dalšímu řešení možných úprav.

Upínání náboje do stroje bylo nejprve uvažováno do upínacích čelistí stroje. Čas upínání lze snížit použitím upínacího přípravku. Díl by při správném použití upínacího přípravku již nebylo nutné natáčet a polohovat, což by urychlilo upínání.

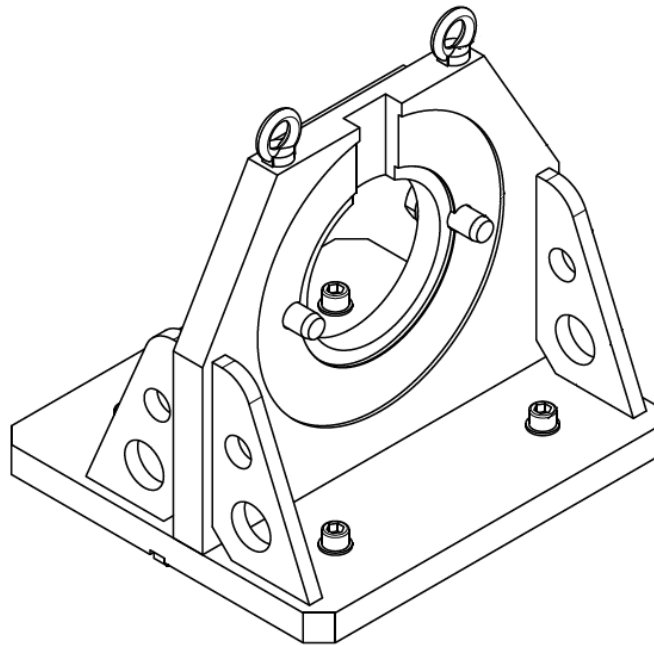
Dalším krokem optimalizace výroby drážky 45H9 v náboji rotoru je tedy navrhnout jednoduchý upínací přípravek pro snížení časů nutných k upínání stroje. Přípravek je navrhován pro upnutí náboje do stroje WHN 13.

Navrhovaný přípravek by měl umožnit rychlejší upnutí. Parametry, které je nutné zvážit při návrhu přípravku, jsou zasazení přípravku do stroje WHN 13 a upnutí dílu ve správné pozici pro opracování vnitřní drážky. Konstrukce dílu umožňuje díl fixovat na místo pomocí závitů M30 v čele náboje. Další faktor ovlivňující konstrukci nástroje je otvor umožňující pohyb úhlové hlavy skrz přípravek pro obrobení kompletní drážky.



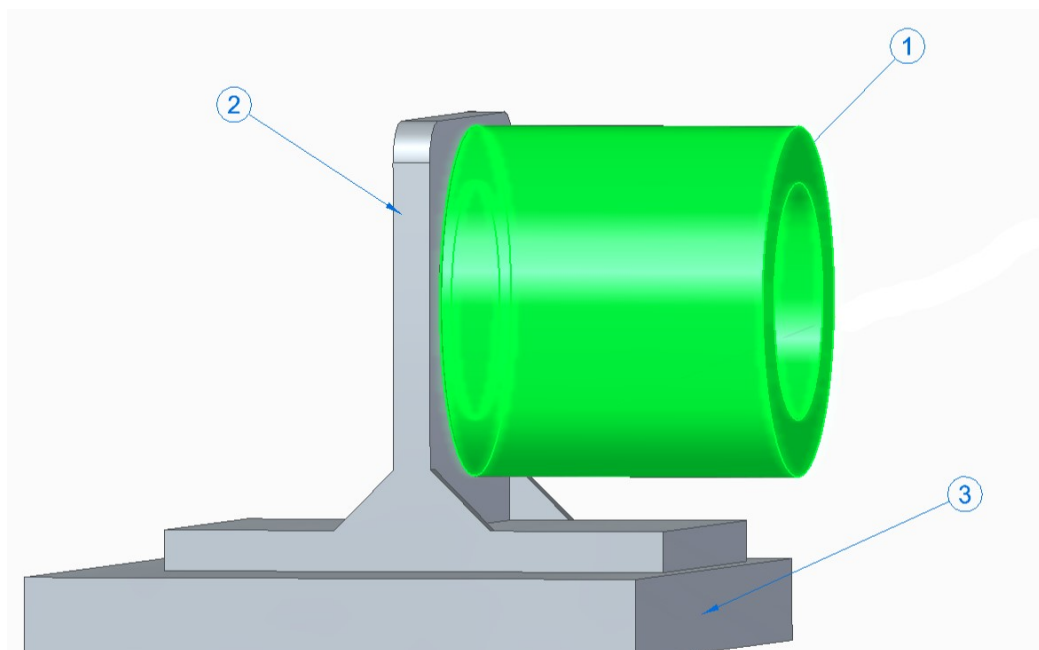
Obr. 43 Navrhovaný přípravek

Ve spolupráci s konstruktéry firmy Tes jsem navrhla přípravek z konstrukční oceli 11 523. Jedná se o svařitelnou nelegovanou konstrukční ocel. Ocel 11 523 je vhodná pro použití pro svařované konstrukce, ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a součástí strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol.



Obr. 44 Uvažovaný přípravek

Posouzením současného postupu upínání s navrhovaným řešením pomocí přípravku by došlo k časové úspoře přibližně 40 %. Tento odhad byl stanoven na základě zkušeností s výrobou a upínáním jiných dílů vyráběných ve firmě TES.



Obr. 45 Schéma upnutí náboje pomocí přípravku

1 – náboj rotoru, 2 – upínací přípravek

3 – deska stolu univerzálního frézovacího stroje WHN 13

Náboj by se při použití přípravku upínal nasazením na přípravek, kde se následně zajistí šrouby. Výsledný čas nutný pro upnutí při použití přípravku by byl přibližně:

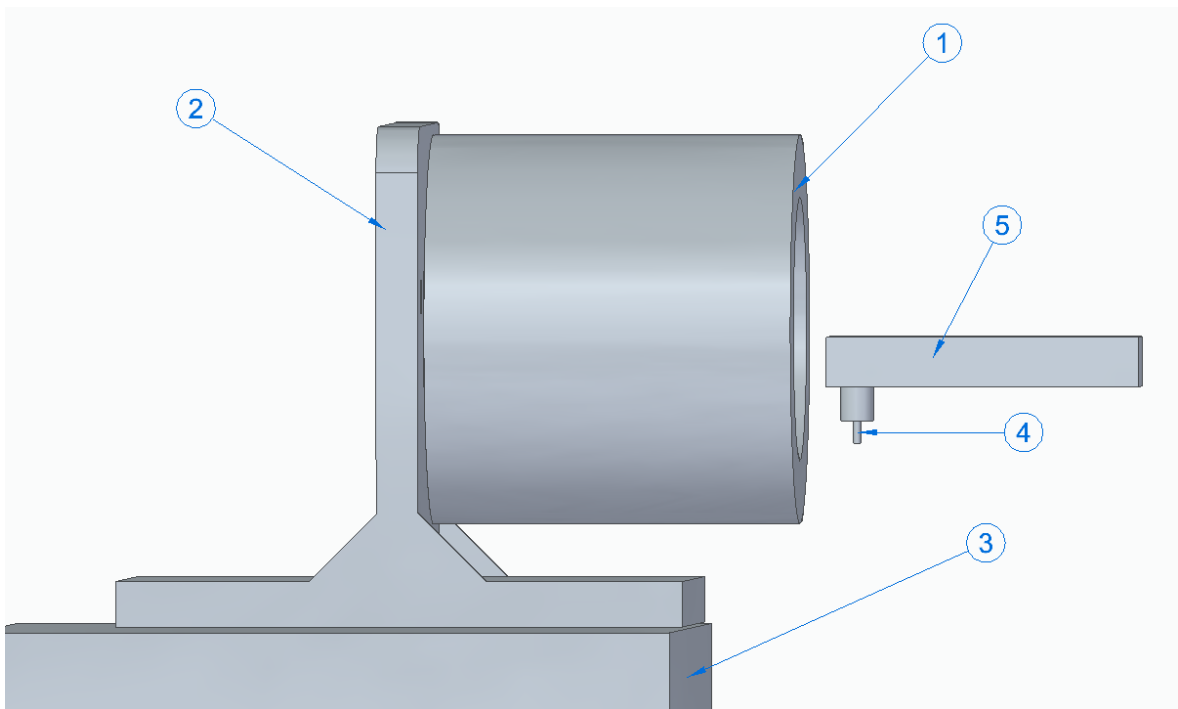
$$t_{up} = 25 * 0,6 = 15 \text{ min}$$

Celkový výrobní čas se skládá z upínání dílu, hrubovací operace, dokončovací operace, měření drážky, dokončení drážky na požadovaný rozměr a odepínání dílu.

$$t_{ac} = 28,8 + 7,83 + 15 = 51,63 \text{ min}$$

Přípravný čas pro vyhotovení drážky zůstává stejný. Tento čas je 90 min.

$$t_{bc} = 90 \text{ min}$$



Obr. 46 Nákres navrhované technologie

1 – náboj rotoru, 2 – upínací přípravek,

3 – deska stolu univerzálního frézovacího stroje WHN 13,

4 – fréza, 5 – úhlová hlava

Tab. 6 Technologický postup s použitím přípravku

Technologický postup			
č. op.	název operace	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]
8	TRYSKAT	0,13	0,25
9	STRÍKAT	0,10	0,20
10	SOUSTRUŽIT	0,92	0,73
20	SOUSTRUŽIT	1,08	1,38
30	OBRÁBĚT	1,50	0,75
50	SOUSTRUŽIT	1,08	1,54
55	OBRÁBĚT	1,50	0,86
60	UPRAVIT	0,10	0,39
65	RAZIT	0,05	0,03
70	KONTROLOVAT	0,00	1,00
80	KONZERVOVAT	0,05	0,08
115	STRÍKAT	0,10	0,20

8.3 Porovnání technologií

Původní technologie uvažovala s výrobou drážky 45H9 pomocí drážkovačky. Navrhovaná technologie uvažuje s nákupem úhlové hlavy a případnou výrobou přípravku.

Tab. 7 Porovnání technologických postupů

Porovnání technologických postupů							
		Současná technologie		Navrhovaná technologie		Navrhovaná technologie s přípravkem	
č. op.	název operace	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]	t_{bc} [h]	t_{ac} [h]
8	TRYSKAT	0,13	0,25	0,13	0,25	0,13	0,25
9	STRÍKAT	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20
10	SOUSTRUŽIT	0,92	0,73	0,92	0,73	0,92	0,73
20	SOUSTRUŽIT	1,08	1,38	1,08	1,38	1,08	1,38
30	OBRÁBĚT	1,50	0,75	1,50	0,75	1,50	0,75
50	SOUSTRUŽIT	1,08	1,54	1,08	1,54	1,08	1,54
55	OBRÁŽET	1,00	1,27	1,50	1,03	1,50	0,86
60	UPRAVIT	0,10	0,39	0,10	0,39	0,10	0,39
65	RAZIT	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05	0,03
70	KONTROLOVAT	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
80	KONZERVOVAT	0,05	0,08	0,05	0,08	0,05	0,08
115	STRÍKAT	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Navrhovaná technologie počítá s nutnými investicemi do vybavení, ale zaručuje 32% úsporu výrobního času. Uvažovaná investice je 250 000 Kč za úhlovou hlavu a 18 000 Kč za upínací přípravek. Celková uvažovaná investice je tedy 268 000 Kč. Pro ekonomické zhodnocení této investice je dále důležitá změna výrobního stroje, což mění také hodinovou sazbu. Současný uvažovaný stroj je obráběčka, která má určenou hodinovou sazbu 620 Kč/h. Navrhovaná technologie uvažuje s obráběním na stroji WHN 13, jehož hodinová sazba je 720 Kč/h.

Cílem práce nebylo snížit náklady vybraného dílu. Nicméně při výrobě dávek pěti a více kusů vychází technologie levněji a to i přes vyšší hodinovou sazbu stroje WHN 13. Níže uvedená tabulka obsahuje výpočty nákladů jednotlivých technologií. Uvedené náklady jsou na jeden kus při dané výrobní dávce.

Tab. 8 Porovnání technologií podle výrobní dávky

Porovnání technologií				
		Současná technologie	Navrhovaná technologie	Navrhovaná technologie s přípravkem
t_{bc}	h	1	1,5	1,5
t_{ac}	h	1,27	1,03	0,86
hodinová sazba	Kč/h	620	720	720
Zpracovatelské náklady pro výrobní dávku	1	1407,4	1821,6	1699,2
	2	1097,4	1281,6	1159,2
	5	911,4	957,6	835,2
	10	849,4	849,6	727,2
	20	818,4	795,6	673,2

Náboj rotoru se současnou technologií vyrábí s dávkou 5 kusů. Zpracovatelské náklady náboje rotoru při výrobní dávce 5 ks jsou **911,4 Kč/ks**. Návrhová investice jsem nedříve spočítala pro aktuální výrobní dávku 5 ks. Zpracovatelské náklady při výrobě navrhovanou technologií s výrobní dávkou 5 ks jsou **835,2 Kč/ks**. Data pro výpočet návratnosti investice

při dávce 5 ks jsou uvedeny v tabulce níže. Při zachování současné ceny se investice do úhlové hlavy a nástroje vrátí při výrobě **3 400 ks**.

Tab. 9 Návratnost investice při dávce 5 ks

Návratnost investice při dávce 5 ks		
Navrhovaná technologie s přípravkem		
t_{bc}	h	1,5
t_{ac}	h	0,86
hodinová sazba	Kč/h	720
Investice	Kč	268 000
Rozpad nákladů investice	10	27 635,2
	100	3 515,2
	500	1 371,2
	1000	1 103,2
	2000	969,2
	3000	924,5
	3400	914,0

Důvodem zadání diplomové práce byl požadavek na navýšení množství vyráběných kusů. Proto byl proveden výpočet návratnosti investice pro navýšenou výrobní dávku 10 ks. Pro výpočet budu pracovat s předpokladem, že bude uvažována cena současné technologie při dávce 10 ks. Cena současné technologie při dávce 10 ks je **849,4 Kč/ks**. Zpracovatelské náklady při výrobě navrhovanou technologií s výrobní dávkou 10 ks jsou **727,2 Kč/ks**. Data pro výpočet návratnosti investice při dávce 10 ks jsou uvedeny v tabulce níže. Za předpokladu ceny současné technologie pro dávku 10 ks se investice vrátí při výrobě **2 300 ks**. Současnou technologií je dodáváno 5 ks týdně, tzn. přibližně 20 ks za měsíc. Investice by se vrátila za 9,5 roku. Navrhovanou technologií by bylo vyráběno 10 ks týdně, tzn. přibližně 40 ks za měsíc. Investice by se vrátila za 4,8 roku při využití hlavy pouze pro tento typ výrobku.

Tab. 10 Návratnost investice při dávce 10 ks

Návratnost investice při dávce 10 ks		
Navrhovaná technologie s přípravkem		
t_{bc}	h	1,5
t_{ac}	h	0,86
hodinová sazba	Kč/h	720
Investice	Kč	268 000
Rozpad nákladů investice	10	27 527,2
	100	3 407,2
	500	1 263,2
	1000	995,2
	1450	912,0
	2300	843,7

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navržení produktivnější technologie výroby náboje rotoru ve firmě Tes Vsetín s.r.o. Předmětem práce je zvýšení produkce výroby litinového náboje rotoru s využitím současného strojového parku. Důvodem studie je požadavek zákazníka na navýšení produkce dílu.

V praktické části diplomové práce byla provedena analýza současného stavu výroby náboje rotoru ve firmě Tes. Současná technologie je realizována jako kusová. Úzkým místem výroby dílu je obrázení vnitřní drážky pro pero, které není dostatečně produktivní.

Dále byl proveden průzkum trhu a možností výroby drážky 45H9 ve vnitřním průměru náboje. Běžnými technologiemi pro výrobu drážky ve vnitřním průměru jsou obrázení, protahování, elektroerozivní drátové řezání a třískového obrábění. Tyto technologie byly zváženy s ohledem na technologie dostupné ve firmě TES. Obrázení je současně používanou technologií a není dostatečně produktivní. Protahování neumožňuje tak velký úběr materiálu. Další možností je elektroerozivní drátové řezání, které má sice firma k dispozici, nicméně by bylo méně produktivní než současná technologie a výrobní kapacita tohoto stroje není dostatečná. Poslední možností je třískové obrábění. Obráběcí stroje firmy TES nejsou vybaveny pro výrobu vnitřní drážky, proto byl proveden průzkum možností na trhu. Obrábění v dutině frézovacími stroji je možné pomocí úhlové hlavy. Pomocí příruby je možné hlavu nasadit na celou řadu frézovacích strojů pro obrábění v dutině případně pod úhlem. Je nutné vybrat rozměrově vhodnou a kompatibilní úhlovou hlavu na jeden z přítomných frézovacích strojů, kterou je možné pomocí na míru upravené přírubě upnout do vybraného stroje.

V rámci řešení použití úhlové hlavy, byli osloveni výrobci a vybrána hlava vhodná pro opracování drážky široké 45 mm v dutině o průměru 200 mm. Z nabídky výrobců byla nakonec vybrána úhlová hlava TA 20PL pro obráběcí stroj WHN 13. Navrhovaná technologie s použitím úhlové hlavy vycházela produktivnější než současná technologie. Rozbor výrobního času však ukázal, že časy upínání a odepínání náboje na stroji WHN 13 do upínacích čelistí v poměru k obráběcím časům jsou zbytečně vysoké. Tento poměr vedl k dalšímu řešení možných úprav.

Pro snížení vedlejších časů, zejména času k upnutí obrobku náboje byl navržen upínací přípravek. Parametry, které je nutné zvážit pro návrh přípravku, jsou zasazení přípravku do stroje WHN 13 a upnutí dílu ve správné pozici pro opracování vnitřní drážky. Konstrukce

dílu umožňuje díl fixovat na místo pomocí závitů M30 v čele náboje. Konstrukce přípravku musí také umožnit pohyb úhlové hlavy skrz náboj i přípravek pro obrobení drážky po celé délce náboje. Ve spolupráci s konstruktéry firmy Tes byl navržen upínací přípravek. Použitý materiál pro výrobu přípravku je konstrukční ocel 11 573. Použití přípravku snižuje čas upínání přibližně o 40 %.

Další důležitou součástí řešení optimalizace výroby drážky v náboji rotoru je porovnání technologií a jejich ekonomické vyhodnocení.

Současná technologie

$$t_{bc} = 1 \text{ h}$$

$$t_{ac} = 1,27 \text{ h}$$

Navrhovaná technologie

$$t_{bc} = 1,5 \text{ h}$$

$$t_{ac} = 1,03 \text{ h}$$

Navrhovaná technologie s použitím přípravku

$$t_{bc} = 1,5 \text{ h}$$

$$t_{ac} = 0,86 \text{ h}$$

Návrhem nové technologie došlo sice k navýšení přípravného času t_{bc} o 0,5 hodin, ale tento čas se rozpočítá do zvýšené výrobní dávky a výrobní čas se snížil o 0,41 hodin.

Navržením nové technologie bylo dosaženo 32% úspory výrobního času. Pro realizaci této technologie je nutná investice do úhlové hlavy 250 000 Kč a dalších 18 000 Kč do upínacího přípravku. Pro ekonomické zhodnocení této úspory je důležitým faktorem změna výrobního pracoviště, což znamená změnu hodinové sazby. Pro současnou technologii je uvažováno pracoviště s hodinovou sazbou 620 Kč/h. Pro navrhovanou technologii je uvažován stroj WHN 13, jehož hodinová sazba je 720 Kč/h. Při změně výrobního stroje nedochází jen k navýšení hodinové sazby ale také k navýšení přípravných časů stroje.

Cílem práce není snížení výrobních nákladů pouze navýšení produkce výroby. I přes vyšší hodinovou sazbu stroje WHN 13 vychází náklady pro navrhovanou technologii s použitím přípravku levněji i pro dávku 5 ks, ve které je díl vyráběn současnou technologií.

Výrobní náklady náboje pro výrobní dávku 5 ks

Náklady současné technologie 911,4 Kč/ks

Náklady navrhované technologie s přípravkem 835,2 Kč/ks

Optimalizace procesu byla navrhována pro zvýšení výrobní dávky. Navýšená výrobní dávka má být 10 ks.

Výrobní náklady náboje pro výrobní dávku 10 ks

Náklady současné technologie 849,4 Kč/ks.

Náklady navrhované technologie s přípravkem 727,2 Kč/ks

Náklady na výrobu náboje při výrobní dávce 5 ks se snížily o **76,2 Kč/ks**. Při navýšené výrobní dávce 10 ks se náklady na výrobu náboje snížili o **122,2 Kč/ks**.

Investice 268 000 Kč se promítne do ceny výrobku a vyplatí se v případě 3400 ks při výrobní dávce 5 ks. Při dodávání 5 ks týdně současnou technologií by se investice vrátila přibližně za 9,5 roku. Při navýšené výrobní dávce 10 ks se investice vyplatí při výrobě 2 300 ks. pomocí navrhované technologie a výrobní dávce 10 ks by se investice vrátila za 4,8 roku.

Vypočítaná návratnost investice uvažuje pouze s použitím úhlové hlavy pro výrobu náboje rotoru. Výrobní program firmy je dostatečně široký, aby byla úhlová hlava využita i pro podobné výrobky z řady vlastních strojů nebo dílů pro zákazníky.

Navrhované řešení je použití úhlové hlavy a upínacího přípravku pro výrobu vnitřní drážky náboje rotoru. Drážka by měla být obráběna na stroji WHN 13. Pořizovací cena úhlové hlavy a nástroje je sice nutnou počáteční investicí, nicméně dojde k nárůstu produktivity o 32 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
- [2] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [3] Kolektiv autorů, *Obrábění a zpracování kovů*. [online] 2015. [Citace: 15.12.2020] Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1059>
- [4] NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení* [online]. 2007. [Citace: 10.12.2020] Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>
- [5] RUDOLF, Ladislav. *Elektrické stroje a přístroje*. [online]. 2016. [Citace: 16.12.2020] Zpracováno v rámci realizace projektu IRP 201615. Dostupné z: <https://projekty.osu.cz/irp2016/>
- [6] MĚŘIČKA, Jiří, Václav HAMATA a Petr VOŽENÍLEK. *Elektrické stroje*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02109-2.
- [7] TES VSETÍN s.r.o.[online] *TES Vsetín s.r.o.*: © 2021 [Citace: 10.3.2021] Dostupné z: www.tes.cz
- [8] HUMÁR, Anton. *Technologie I – technologie obrábění*. Brno, Akademické nakladatelství CERM 2003. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [9] GARANT, *Příručka obrábění 2*. vyd. Praha, 2011. 844 s. ISBN 3–00-016882-6
- [10] NOVÁK, Zdeněk. *Charakteristika výrobního procesu*. [online] 2017. [Citace: 10.12.2020] Dostupné z: <https://docplayer.cz/21718154Charakteristikavyrobnihoprocesu.html>
- [11] Ostravská univerzita. *Soustružení*. [online]. [Citace: 6.12.2020] Online podpora výuky. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/k>
- [12] ŠIMON, Josef. *Jak se dělá elektromotor*. ELEKTRO. [online] Praha: FCC PUBLIC, s.r.o. , 02/2011. [12.5.2021] ISSN 1210-0889 Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42921.pdf>
- [13] NĚMEC, Dobroslav. *Základy výrobních technologií*. Vyd. 7., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. ISBN 978-80-7318-737-8.

- [14] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.
- [15] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [16] PRAMET. *Příručka obrábění*. 1. vydání 2004, 100 s.
- [17] FISCHER, Ulrich. *Základy strojnictví*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. ISBN 80-86706-09-5.
- [18] BUDA J, SOUČEK J, VASILKO K. *Teória obrábania*. SNTL Praha, 342s. ISBN 063-564-88
- [19] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie*. Brno: VUT Brno, 1992. 273 s. ISBN 80-214-0399-3
- [20] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [21] NEBORÁK, Ivo a Václav SEDLÁČEK. *Elektrické pohony* [CD-ROM]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1493-3.
- [22] Eltool corp. [online]. *Eltool Corporation*: © 2009-2021 [Citace: 12.4.2021] Dostupné z: www.eltool.com
- [23] YMT Technologies [online]. *YMT Technologies*: © 2021 [Citace: 12.4.2021] Dostupné z: <http://www.ymttooling.co.uk>
- [24] MST Corporation [online]. *MST Corporation*: © 2021 [Citace: 12.4.2021] Dostupné z: <http://www.mst-corp.co.jp/>
- [25] DANIEL, Štefan. *Základní operace strojního obrábění – hoblování a obrážení*. Výukový materiál zpracovaný v rámci operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost, registrační č. CZ.1.07/1. 5.00/34.0084 [online]. [10.4.2021]. Dostupné z: http://www.szesprerov.cz/9/daniel/VY_32_INOVACE_OV_2ROC_17.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

v_c	Řezná rychlost [m/min]
f_z	Posuv na zub [mm]
D	Průměr [m]
n	Otáčky [min^{-1}]
v_f	Posuvová rychlost [m/min]
z_{eff}	Počet efektivních břitů na nástroji
f_n	Posuv na otáčku [mm]
z	Počet zubů
h_i	Průřez třísky [mm]
φ_i	Úhel posuvového pohybu [$^\circ$]
F_i	Celková řezná síla [N]
F_{ci}	Řezná síla [N]
F_{cNi}	Kolmá řezná síla [N]
F_{fi}	Posuvová síla [N]
F_{fNi}	Kolmá posuvová síla [N]
t_{AS}	Jednotkový strojní čas
L	Dráha [mm]
v_e	Rychlost řezného pohybu [m/min]
P_{fe}	Pracovní boční rovina
φ	Úhel posuvového pohybu [$^\circ$]
η	Úhel řezného pohybu [$^\circ$]
a_p	Průřez třísky [mm]
F_{ez}	Řezná síla na břit
k_c	Specifická řezná síla
F_f	Posunová síly

z	Počet břitů nástroje
t_{ac}	Výrobní čas [t]
t_{bc}	Přípravný čas [t]
M	Moment síly [Nm]
F	síla působící na rotor [N]
r	poloměr rotoru [mm]
M_z	záběrný moment [Nm]
M_N	Jmenovitý moment [Nm]
M_m	Moment zvratu [Nm]
n_s	Jmenovitý skluz
Q_h	hospodárný úběr materiálu [$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]
v_{opt}	optimální řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
f_{dz}	posuv na dvojzdvih [$\text{mm} \cdot \text{dz}^{-1}$]
a_p	hloubka řezu [mm]
n_D	počet dvojzdvihů
t_{dz}	doba jednoho dvojzdvihu [min]
i	počet záběrů
L	dráha nástroje v podélném směru [m]
B	dráha nástroje v příčném směru [m]
f_{dz}	posuv na dvojzdvih [$\text{mm} \cdot \text{dz}^{-1}$]
p	přídavek na obrábění
v_s	zpětná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
v_z	zpětná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
n_{d1}	počet dvojzdvihů za minutu [$1 \cdot \text{min}^{-1}$]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Rozdělení elektrických strojů [5]</i>	10
<i>Obr. 2 Generátor [7]</i>	11
<i>Obr. 3 Transformátor [5]</i>	12
<i>Obr. 4 Motor [7]</i>	12
<i>Obr. 5 Momentová charakteristika [5]</i>	15
<i>Obr. 6 Schéma asynchronního motoru [5]</i>	16
<i>Obr. 7 Motor MAK rozložený na jednotlivé komponenty</i>	21
<i>Obr. 8 Soustružení [11]</i>	23
<i>Obr. 9 Frézování [3]</i>	23
<i>Obr. 10 Průřez třísky při válcovém frézování [9]</i>	25
<i>Obr. 11 Průřez třísky při čelním frézování [9]</i>	25
<i>Obr. 12 Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině [9]</i>	26
<i>Obr. 13 Frézy firmy Walter</i>	28
<i>Obr. 14 Vrtání [3]</i>	29
<i>Obr. 15 Hoblování a obrážení [3]</i>	32
<i>Obr. 16 Proces obrážení [3]</i>	33
<i>Obr. 17 Nástroje pro hoblování a obrážení [3]</i>	36
<i>Obr. 18 Protahování drážky náboje ozubeného kola [3]</i>	37
<i>Obr. 19 Princip protlačování [3]</i>	37
<i>Obr. 20 Broušení [3]</i>	38
<i>Obr. 21 Princip úběru materiálu při broušení</i>	38
<i>Obr. 22 Schéma průběhu přípravy výroby [4]</i>	39
<i>Obr. 23 Členění TPV [4]</i>	40
<i>Obr. 24 Technologické uspořádání [10]</i>	44
<i>Obr. 25 Předmětné uspořádání [10]</i>	45
<i>Obr. 26 Obrážečka</i>	55
<i>Obr. 27 Univerzální fréza WHN 13</i>	56
<i>Obr. 28 Náboj rotoru</i>	57
<i>Obr. 29 První operace</i>	58
<i>Obr. 30 Druhá operace</i>	59
<i>Obr. 31 Třetí operace</i>	59
<i>Obr. 32 Čtvrtá operace</i>	60
<i>Obr. 33 Obrážení drážky 45H9</i>	60
<i>Obr. 34 Dokončení a značení dílu</i>	61

<i>Obr. 35</i> Kompletní náboj	61
<i>Obr. 36</i> Obrázení drážky 45H9	63
<i>Obr. 37</i> Vnitřní drážka 45H9	64
<i>Obr. 38</i> Úhlová hlava [23]	66
<i>Obr. 39</i> Úhlová hlava TA 20PL z katalogu YMT [23]	67
<i>Obr. 40</i> Vybraná úhlová hlava TA 20PL [23]	68
<i>Obr. 41</i> Hrubovací fréza	69
<i>Obr. 42</i> Dokončovací fréza	71
<i>Obr. 43</i> Navrhovaný přípravek	74
<i>Obr. 44</i> Uvažovaný přípravek	75
<i>Obr. 45</i> Schéma upnutí náboje pomocí přípravku	75
<i>Obr. 46</i> Nákres navrhované technologie	76

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Parametry obrážky</i>	55
<i>Tab. 2 Parametry stroje WHN 13</i>	56
<i>Tab. 3 Současný technologický postup</i>	62
<i>Tab. 4 Parametry úhlové hlavy TA 20PL</i>	67
<i>Tab. 5 Navrhovaný technologický postup</i>	73
<i>Tab. 6 Technologický postup s použitím přípravku</i>	77
<i>Tab. 7 Porovnání technologických postupů</i>	77
<i>Tab. 8 Porovnání technologií podle výrobní dávky</i>	78
<i>Tab. 9 Návratnost investice při dávce 5 ks</i>	79
<i>Tab. 10 Návratnost investice při dávce 10 ks</i>	80

SEZNAM VZORCŮ

- (1) Momentová charakteristika (frézování)
- (2) Řezná rychlost (frézování)
- (3) Posuv na zub (frézování)
- (4) Posuv na otáčku (frézování)
- (5) Posuvová rychlost (frézování)
- (6) Průřez třísky (frézování)
- (7) Jednotkový strojní čas (frézování)
- (8) Řezná rychlost (vrtání)
- (9) Posuvová rychlost (vrtání)
- (10) Průřez třísky (vrtání)
- (11) Posuv na zub (vrtání)
- (12) Řezná síla (vrtání)
- (13) Kroutící moment (vrtání)
- (14) Výpočet času obrábění (vrtání)
- (15) Hospodárný úběr (hoblování a obrážení)
- (16) Strojní čas (hoblování a obrážení)
- (17) Střední rychlost (hoblování a obrážení)
- (18) Počet dvojdvihů na minutu (hoblování a obrážení)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres – Náboj

Příloha P II: Výkres - Přípravek - sestava

Příloha P III – Výkres - Přípravek svařený

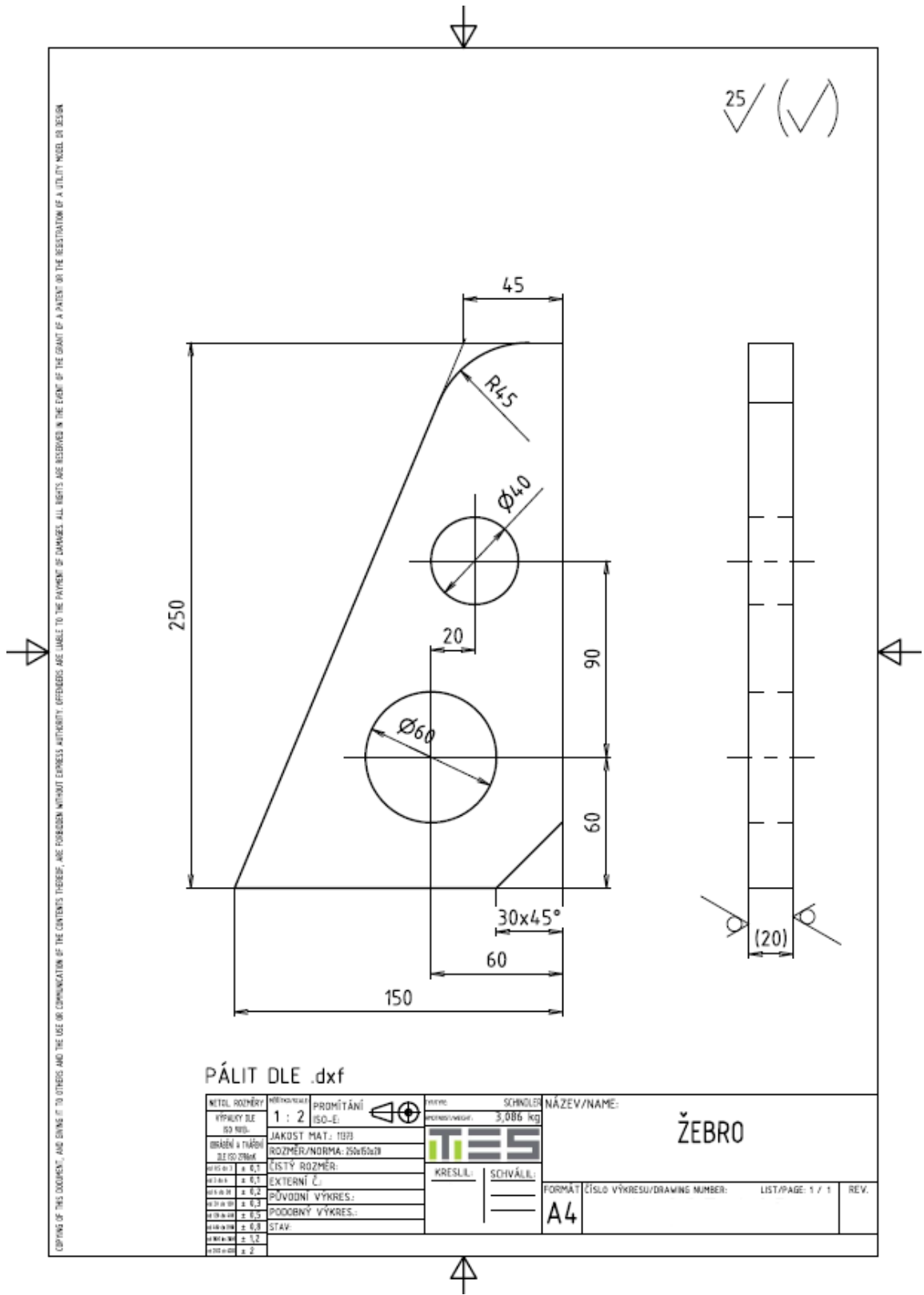
Příloha P IV – Výkres - Přípravek deska spodní

Příloha P V – Výkres - Přípravek – deska


Příloha P VI – Výkres - Přípravek – výztuha

Příloha P VII – Výkres - Přípravek – žebro

Příloha P VII – Výkres - Přípravek – žebro



PÁLIT DLE .dxf

NETIL ROZMĚRY	PROJEKTOVÁČ	PROJEKČNÍ	PRŮMĚR	SCHNÖDER	NÁZEV/NAME:
VÝKRESY DLE ISO 9001	1 : 2	ISO-E	3,086 kg		ŽEBRO
BRÁŠŇ A TĚŽKÁ	JAKOST MAT. 1137	ROZMĚR/NORMA: 25x45x20			
DLE ISO 2768	ROZMĚR/NORMA: 25x45x20	ROZMĚR/NORMA: 25x45x20			
NETIL ROZMĚRY	ČISTÝ ROZMĚR:	KRESLIL:	SCHVÁLIL:	FORMÁT	ČÍSLO VÝKRESU/DRAWING NUMBER:
NETIL ROZMĚRY	EXTERNÍ Č.			A4	LIST/PAGE: 1 / 1
NETIL ROZMĚRY	PŮVODNÍ VÝKRES:				REV.
NETIL ROZMĚRY	PODOBŇ VÝKRES:				
NETIL ROZMĚRY	STAV:				
NETIL ROZMĚRY					
NETIL ROZMĚRY					