

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH ZEFEKTIVNĚNÍ PŘÍPRAVY VÝROBY U VYBRANÉ TECHNOLOGIE

**THE STUDY OF MORE EFFECTIVENESS PREPARATION OF PRODUCTION PROCESS BY
SELECTED**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŠALANDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

Předmětem této práce je zkrácení normativního strojního času u obráběné součásti. Tohoto zkrácení je dosaženo pomocí lineárního programování řezných podmínek u obrábění děr. Tento způsob je popsán jak teoreticky, tak je i aplikován na dané zadání a výpočtem metodou Simplex. Další způsob je výměna nástrojů u obrábění závitů, jde o výměnu používaných nástrojů za nový, který provede více operací na jednou. Výsledkem je zkrácení strojního času, zvětšení výrobní dávky, kapacity pracoviště a produktivity práce.

Klíčová slova

Optimalizace řezných podmínek, Obrábění slitin hliníku, lineární programování, závitové frézy, výrobní dávka, normativní strojní čas

ABSTRACT

The aim of this thesis is shortening of standard mechanical time of work piece from aluminium casting alloy. . The shortening can be reached by linear programming of cutting conditions of cutting conditions during machining holes. This method is defined both theoretically and is applied to given setting and by the calculation by the Simplex method. Another method is exchange of tools at machined threads, it's exchange of used tools for the new one, that makes more operations at a time. The result is shortening of mechanical time, augmentation of productive dose, capacities of workplace and productivity work.

Key words

Optimalization of cutting conditions, cutting of aluminum alloy, linear programming, thread milling cutter, productive dose, normative mechanical time.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠALANDA, J. *Návrh zefektivnění přípravy výroby u vybrané technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 80 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh zefektivnění přípravy výroby u vybrané technologie vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Podpis diplomanta

.....

Jiří Šalanda

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	2
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah.....	6
Úvod.....	8
1 MOTOR JIKOV Strojírenská.....	9
1.1 Mateřská společnost.....	9
1.1.1 Organizační řízení mateřské společnosti.....	9
1.1.2 Plochá organizační struktura.....	10
1.1.3 Organizační schéma procesní analýzy:.....	10
1.2 Dceřiné společnosti MOTOR JIKOV Group.....	11
1.2.1 MOTOR JIKOV slévárna slitin a.s.....	11
1.2.2 MOTOR JIKOV tlaková slévárna a.s.....	11
1.2.3 MOTOR JIKOV Fostron a.s.....	11
1.3 Historie podniku.....	12
1.3.1 Nejdůležitější data v historii společnosti:.....	12
1.4 Výrobní program.....	13
1.5 Výrobní možnosti.....	15
1.5.1 Komplexní projekty / celky.....	15
1.5.2 Obrábění, povrchové a tepelné úpravy.....	15
1.5.3 Technologie.....	15
1.5.4 Technologická zařízení včetně kontrolních dle technologického toku.....	15
1.6 STROJNÍ PARK.....	16
1.7 Stojní park v Divizi Auto.....	18
1.7.1 Obráběcí centrum CHIRON FZ 12W.....	18
1.7.2 CNC soustruh Hyundai HIT-8.....	18
1.7.3 HEC 400D.....	20
2 Materiál obrobku.....	21
2.1 Popis slitiny.....	21
2.2 Vlastnosti slitiny EN AC 46000.....	22
2.2.1 Fyzikální vlastnosti slitiny.....	23
2.2.2 Strukturní složky ve slitině.....	23
2.3 Obrobitelnost.....	24
2.3.1 Slévárenské slitiny.....	26
2.3.2 Tvářené slitiny.....	26
2.3.3 Automatové slitiny.....	27
2.4 Mechanické vlastnosti.....	27
2.5 Únavové vlastnosti.....	28
3 Optimalizace řezných podmínek.....	30
3.1 Optimální trvanlivost z hlediska minimálních nákladů.....	31
3.2 Volba řezných parametrů pro vrtání.....	31
3.2.1 Omezení dané řezivostí vrtáku.....	31
3.2.2 Omezení dané užitečným výkonem a kroutícím momentem.....	31
3.2.3 Omezení dané dovoleným namáháním vrtáku na krut a na vzpěr.....	32
3.2.4 Omezení dané obrobením minimálně přípustného počtu děr za hodinu.....	32
3.2.5 Omezení dané řeznými parametry.....	32

4 Kapacitní plánování	33
4.1 Výrobní kapacita	33
4.1.1 Výkon výrobního zařízení	34
4.1.2 Časový fond	34
4.1.3 Pracnost operace	35
4.2 Stanovení výrobní kapacity pracoviště	35
4.2.1 Využívání výrobní kapacity a její řízení	35
5 Stanovení velikosti výrobní dávky	36
5.1 Výrobní dávka	36
5.1.1 Základní požadavky na velikost výrobní dávky	36
5.1.2 Způsoby výpočtu velikosti výrobní dávky:	36
5.1.1 Výpočet minimální výrobní dávky	36
6 Hospodaření nářadím	38
6.1 Hospodárnost voleného nářadí	39
7 aktuální stav	41
7.1 Stroj	41
7.2 Obrobek	44
7.3 Tvar třísky	45
7.4 Obsluha a proces výroby	46
7.4.1 Postup dávky za jeden den	46
7.4.2 Mzdové tarify	46
7.5 Postup obrábění	47
7.5.1 Sled operací	47
7.5.2 Řezné podmínky	48
7.5.3 Použité nástroje	49
7.5.4 Strojní časy	50
7.6 Vyhodnocení strojních časů	54
8 Optimalizace obrábění	55
8.1 Optimalizace řezných podmínek pro průměr 18 mm	55
8.1.1 Výsledky LP pro průměr 18	56
8.2 Optimalizace řezných podmínek pro průměr 7 mm	57
8.2.1 Výsledky LP pro průměr 7:	58
8.3 Optimalizace výroby závitů	59
8.3.1 Volba nástroje pro závit M4	62
8.3.2 Volba nástroje pro M5	64
8.4 Strojní časy po zavedení návrhu výroby	67
8.5 Výpočet nové minimální výrobní dávky	68
8.6 Hospodárnost voleného nářadí	69
8.7 Porovnání aktuálního a nového stavu	71
Závěr	74
Seznam použitých zdrojů	75
Seznam použitých zkratk a symbolů	77
Seznam příloh	79

ÚVOD

Cílem této diplomové práce, pod názvem Návrh zefektivnění přípravy výroby u vybrané technologie, je zkrácení strojních časů u sledované součástky ze slévárenské slitiny hliníku. Tento požadavek byl zadán ve firmě, kde se tato součástka obrábí. Jedná se o sériovou výrobu, proto se stále řeší otázka délky výroby a možnost optimalizace času na výrobu. Velký důraz je také kladen na využití strojního vybavení a na hospodárnost zvolených nástrojů. Jedná se o novou výrobu, proto ještě nejsou doladěny všechny možnosti využití času stroje, proto na ně bude v této práci zaměřeno. K vypracování budou použity tyto metody:

1. Lineární programování,
2. Nový druh nástroje na obrábění závitů.

Využití výsledků této práce bude v několika bodech:

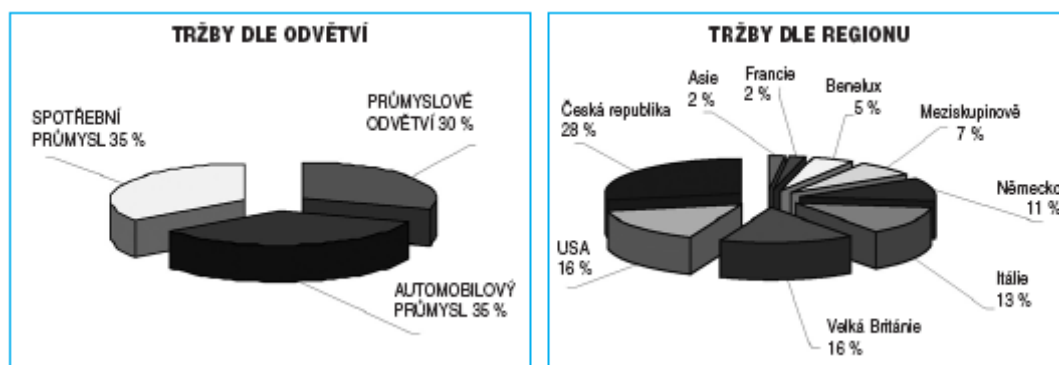
1. Snížení pracnosti obrábění na dané součásti,
2. Navýšení výrobní dávky, která je určována na jeden den v nepřetržitém provozu,
3. Úspory ve výrobě, ty budou složeny z:
 - Úspora mezd obsluhy strojů
 - Úspora vzniklá lepším využitím stroje

Výsledné úspory musí vyjít větší než jsou náklady na pořízení nových nástrojů.

1 MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ

1.1 Mateřská společnost

Výpis z obchodního rejstříku je v příloze č.1. Mateřskou společností je akciová společnost MOTOR JIKOV Group a.s. V roce 2006 narostly tržby této společnosti o 5%, tedy na částku 1,4 miliard korun. Struktura tržeb je tvořená shodným podílem automobilové, průmyslové a spotřební výroby. Nejvíce se na ní podílí tržby z vývozu a to nejvíce do USA. Číselné hodnoty uvedeny v grafu. Mezi nejvýznamnější zákazníky patří firmy: jako jsou: Acumen, Electrolux, Moundfield, Tennant a Driver's solution WW.(2)



Obr. 1.1 Složení tržeb(2)

1.1.1 Organizační řízení mateřské společnosti

MOTOR JIKOV Group je tvořena několika společnostmi strojírenskými a slévárenskými, které měly odlišný vznik, výrobní program a zaměřenost na trhu. Také jejich organizační struktury byly odlišné. Při propojení těchto společností pod jednu mateřskou společnost byla nově vytvořena plochá organizační struktura. Dále pro lepší komunikaci a spolupráci mezi firmami byly stanoveny nové vnitřní směrnice pro výrobu, nákup a prodej, jednotný personální systém, vytváření týmu naskrz celou společnost a přesné stanovení jednotlivých pravomocí a zastupitelnosti v celé společnosti. Tímto se značně odlišila organizační struktura společnosti od jednotlivých organizačních struktur, které byly vedeny v jednotlivých společnostech. Díky nastolení této nové struktury se zlepšilo vlastní řízení podniků, jejich spolupráce na projektech pro zákazníky a tím i lepší konkurenční schopnosti vůči jiným strojírenským firmám.(3)

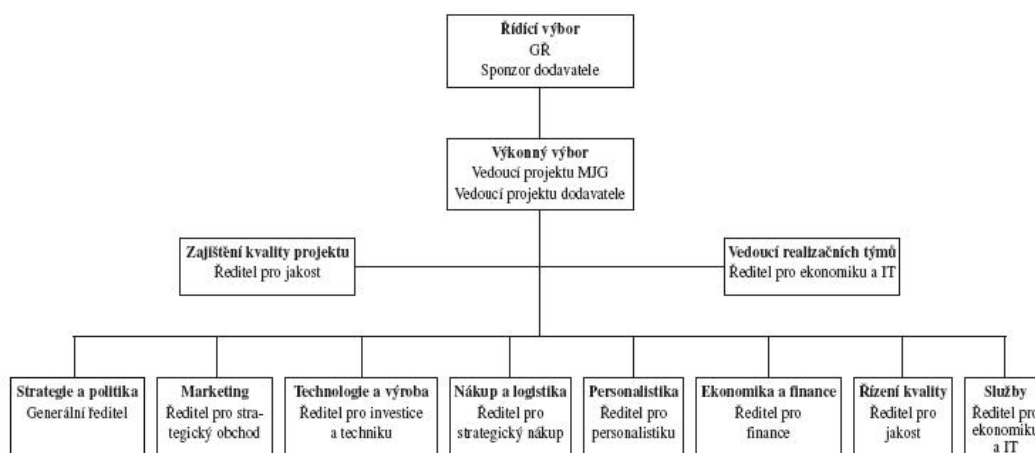
1.1.2 Plochá organizační struktura

Tato organizační struktura se řadí mezi moderní organizační struktury, kde je mezi malou skupinou top manažerů a řadovými zaměstnanci jen několik řídicích členů. Top manažeři zajišťují jen financování a řízení lidských zdrojů. Ostatní členové organizační struktury pracují v multidisciplinárních týmech, ty zajišťují procesy jako je vývoj nových výrobků, inovaci, výrobu, propagaci, a prodej výrobků. Zabrání se tak sporům mezi finančním, výrobním, marketingovým, nebo prodejním útvarem, kdy každý jednotlivý útvar pracuje hlavně pro sebe a pro svoje cíle a ne pro cíle celé společnosti.

K přechodu na tuto organizační strukturu bylo zapotřebí:

- určit strategické cíle celé společnosti a pro jednotlivé dceřiné společnosti,
- sjednotit klíčové procesy s konkurenčními výhodami společnosti,
- vytvoření multidisciplinárních týmů,
- stanovit cíle pro jednotlivé výrobní i nevýrobní procesy,
- delegovat pravomoci na zaměstnance a tím i odpovědnost,
- vše směřovat na spokojenost zákazníka.(4)

1.1.3 Organizační schéma procesní analýzy:



Obr. 1.2 Organizační schéma(2)

1.2 Dceřiné společnosti MOTOR JIKOV Group

1.2.1 MOTOR JIKOV slévárna slitin a.s.

Slévárenský závod v Českých Budějovicích, který funguje od roku 1899. Zaměstnává 100 pracovníků plus dalších 70 pracovníků personální agentury. Zabývá se výrobou a prodejem odlitků z tvárné a šedé litiny. Velkou část svých výrobků exportuje do zahraničí. Mezi největší odběratele patří Itálie a Německo. Společnost je certifikována dle normy EN ISO 9001:2000.

1.2.2 MOTOR JIKOV tlaková slévárna a.s.

Podnik vznikl z původního závodu MOTOR JIKOV, který byl tradičním výrobcem odlitků pomocí tlakového lití slitin zinku a hliníku. Tyto odlitky byly v minulém století rozvíjeny nejvíce v oblasti výroby karburátorů, spalovacích motorů a komponentů tlakovzdušných brzdových soustav. Podnik pracuje v režimu řízení jakosti podle norem EN ISO/TS 16949:2002, EN ISO 9001:2000 a EN ISO 14001:2004. Mezi jeho největší odběratele patří zejména automobilový, textilní a elektro průmysl. Jedním ze zákazníků je firma Valeo. Tato firma se zabývá výrobou zámkových a stěračových systémů do automobilů. Z tlakové slévárny se odlitky (Jedná se o odlitky ze slitin zinku), jsou to odlitky ze slitin zinku, dodávají do čtyř výrobních závodů společnosti a to do dvou závodů v Německu, jednoho v Polsku a ve Francii. Rozšířením výroby se této společnosti zvýší zisky z 25 miliónů na 70 miliónů korun.

1.2.3 MOTOR JIKOV Fostron a.s.

Vznikl z původního závodu Nářadí a Stroje akciové společnosti MOTOR JIKOV. Navazuje na čtyřicetiletou tradici výroby nářadí a jednoúčelových strojů. Je rozdělena na dvě divize:

1. Divize Forem – vyrábí především tlakové formy pro odlitky z hliníkových a zinkových slitin.

2. Divize Jednoučelových strojů – vyrábí především jednoučelové stroje pro úpravu odlitků, výkovků a jiných polotovarů do hmotnosti 3 kg.(3)
Hlavní zákazníci této firmy jsou především Edscha Bohemia, Robert BOSCH, Thyssen KSM Casting. Mezi její nové zákazníky se dá zařadit rakouská slévárna Gruber & Kaja. Tato slévárna se zaměřuje na odlitky, obrábění a menší montáže pro automobilový průmysl. Strojní park má složen z 27 licích strojů, 22 obráběcích strojů. Hlavními odběrateli jsou Wabco, Mann a Hummel. Pro tuto firmu se připravuje dodání odstříkovačného stroje a jednonásobnou tlakovou nádobu.(6)

Mateřská firma se postupně vypracovala jako řídící společnost, která zajišťuje služby ekonomické, marketingové, investiční a personální. Skupina těchto podniků má dohromady cca 1100 pracovníků a její obrat činil v roce 2006 1,5 mld. Kč. Dceřiné společnosti se podílí značnou mírou na přílivu zahraničních investic do jihočeského regionu.(3)

1.3 Historie podniku

Firma má více jak osmdesátiletou tradici ve strojírenské výrobě. Od svého počátku byla jedna z nejdůležitějších strojírenských firem v Jihočeském kraji.

1.3.1 Nejdůležitější data v historii společnosti:

1919 - založena původní společnost LADA, továrna na šicí stroje

1995 - kapitálový vstup Motor Jikov do Lada

1997 - vznik akciové společnosti UNI CZ a. s., výroba textilních strojů a strojírenských dílů

1997 - vznik akciové společnosti Adaco a.s.

1998 - certifikace ISO 9001

1998 - převzata výroba kompresorů nákladních automobilů z firmy Bosch

2000 - zahájena výroba pro automobilový průmysl, založena divize Auto

2002 - zahájena výroba nýtovacích pistolí pro firmu Textron Fastening Systems

2004 - MOTOR JIKOV Strojírenská a.s. sloučením společností UNI.CZ a.s.

Soběslav a ADACO a.s. Jindřichův Hradec

2006 - přičleněna část společnosti MOTOR JIKOV Group a. s. se zaměřením na malou zemědělskou mechanizaci a komponenty pro automobily.(3)

1.4 Výrobní program

Výroba se v současnosti nejvíce zabývá komponenty automobilového průmyslu, golfových motorových vozidel, užitkových vozidel, praček, vzduchových brzd, hydraulických a filtračních systémů. Dále komponenty textilních, tiskařských a dřevoobráběcích strojů. Firma je rozdělena do pěti divizí. Jsou to:

- a) Divize Auto,
- b) Divize Mechanizace,
- c) Divize Průmyslové výroby,
- d) Divize Vzduchové soustavy,
- e) Divize Zakázky.

Ad a) Divize Auto

Divize Auto byla dříve součástí společnosti UNI CZ a.s. Zabývá se výrobou nastavitelných pedálových systémů jak do automobilů tak i do užitkových vozidel a golfových motorových vozíků. Divize má dva velké obchodní partnery. Prvním je americká společnost Driver's Solution Worldwide, která je dodavatelem pro automobilový průmysl. Dalším obchodním partnerem je Electrolux, pro kterou jsou vyráběny komponenty pro automatické pračky. Mezi zákazníky patří automobilky: Ford, Jeep Willis, Dodge, Nissan. Mimo automobilky také vyrábí pro Textron E-Z-GO a to komponenty pro motorové golfové vozíky. Problematiku golfových vozíků bych rozšířil, protože výrobky, které dělá Divize Auto pro tuto firmu jsou předmětem této práce.(3)

Na podzim roku 2006 se firma E-Z-GO rozhodla pro novou generaci golfových vozíků. Koncem ledna 2007 byla vyrobena první zkušební série, tzv. BETA série, a doručena do USA. Dalším krokem bylo vyrobení tzv. GAMA série a to ve druhé polovině června 2007. Tato série byla oproti BETA sérii (byla dělána v počtu několika kusů a šlo spíše o otestování vyrobených součástí zákazníkem v USA), vyráběna na sériových zařízeních při použití sériových přípravků. Rokem zahájení plné sériové výroby bude rok 2008, kdy se má v USA rozjet naplno výroba nové generace golfových vozíků. Do výroby se zapojí kromě Divize Auto i členové skupiny MOTOR JIKOV Group a to Tlaková

slévárna hliníkových odlitků a MOTOR JIKOV strojírenská v Jindřichově Hradci, která bude dodávat jednodušší dílce pro Divizi Auto.(5)

Ad b) Divize Mechanizace

Specializací Divize Mechanizace je výroba sekaček na trávu. Firma na počátku 90. let začala vyrábět jako první na trhu s malými mechanizacemi nový princip mechanických sekaček a to rotačních sekaček. Tyto sekačky začaly postupně vytlačovat starší sekačky, které pracovaly na principu lištového sečení a tím si firma dobyla své místo na trhu. První bubnovou sekačkou této firmy byla dvoububnová sekačka BDR 700 se záběrem 70 cm. Postupem času se k této sekačce začaly vyrábět adaptéry, což zvýšilo podíl na trhu s tímto druhem zboží. V současnosti vyrábí tato divize sekačky OTAVA, BLANICE a OTAVA super.(3)

Ad c) Divize Průmyslové výroby

Tato divize se zabývá výrobou pneumaticko-hydraulických nýtovacích nástrojů s obchodní značkou Avdel a Textron. Nejvíce dodává nýtovací nástroje do elektrotechnického, leteckého a automobilového průmyslu. Výrobky směřují především do zahraničí.(Odbyt výroby je především do zahraničí) (50% do zemí EU, 50% do Ameriky, Asie a Austrálie).

Ad d) Divize Vzduchové soustavy

Zabývá se výrobou vzduchových brzdových soustav pro nákladní automobily. Jako jsou například vzduchové kompresory, pružinové brzdové válce, sdružené regulátory tlaku a kondenzační jímky. Výrobky jsou nejčastěji používány ve vozech značek Tatra, Avia, Karosa a v traktorech Zetor.

Ad e) Divize zakázky

Zabývá se výrobou komponentů hydraulických a filtračních systémů, obráběcích, textilních, tiskařských a dřevoobráběcích strojů. Mezi největší zákazníky patří firmy PALL Corporation, Sultex AG, Gross Systemes Graphiques a jiné.(3)

1.5 Výrobní možnosti

1.5.1 Komplexní projekty / celky

Vlastní:

kompresory vzduchu pro užitková vozidla zemědělská mechanizace

automobilové prvky palivové soustavy (karburátory, čerpadla)

zemědělská mechanizace

Outsourcované

čistící stroje

nýtovací pistole

1.5.2 Obrábění, povrchové a tepelné úpravy

sériovost (10.000 – 500.000) ks

(50 – 10.000) ks max. 20 kg

1.5.3 Technologie

soustružení, frézování, vrtání, broušení, protahování

práškové i mokré lakování

galvanizace

fosfát, nikl, chromát, černění

kalení, žíhání, nitridace

1.5.4 Technologická zařízení včetně kontrolních dle technologického toku

Konstrukční a technologické zpracování:

konstrukce a technologie vlastních či outsourcovaných produktů

konstrukce a výroba přípravků

3 x CAD stanice, 2 x CAM stanice systém Unigraphics

systém změnového řízení

Kvalita:

- 3x CMM, výškoměry, profiloměry, drsnoměry,
- vlastní i kontrahovaná kalibrace, příprava protokolů,
- prvních kusů, kontrolních plánů,

- vyhodnocování SPC na vzorky a sérii,
- 20 kontrolorů kvality.

Výroba:

- dělení materiálu,
- soustružení CNC kusové, z tyčoviny s podavačem, horizontální i vertikální,
- frézování konvenční, horizontální a vertikální centra,
- vrtání,
- broušení ploché, cylindrické,
- protahování,
- povrchové úpravy galvanické (nikl, fosfát, chrom, chromát, černění, zinek) a lakování mokré a práškové,
- kontroly těsnosti a jiná specifická zkušební zařízení.(3)

1.6 STROJNÍ PARK

Tab. 1.1 Strojní park(3)

AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY

	POČET	ROK VÝROBY
Hitachi HI Cell	1	1994
Citizen L20	1	1988
Gildemeister CTX 400S2V3	1	2001
Gildemeister MF Sprint 65	2	2002
Colchester Tornado 220	1	2002
Traub	4	1990
Miyano	3	1990

VERTIKÁLNÍ SOUSTRUHY

	POČET	ROK VÝROBY
Emag VSC160 CNC	8	1994
Emag Hardinge VL5	1	2001

HORIZONTÁLNÍ SOUSTRUHY

	POČET	ROK VÝROBY
--	-------	------------

HORIZONTÁLNÍ SOUSTRUHY

Hyundai Hit 8	3	2001
Hyundai Hit 15	1	2001
Kovosvit SP 30 CNC	1	2002
Kovosvit SPT 16 CNC	10	1985
Kovosvit SPT 32 CNC	5	1985
Colchester Tornado	1	2002
MoriSeiki NL 2500 SY/700	1	2006

VERTIKÁLNÍ CENTRA

	POČET	ROK VÝROBY
Chiron FZ 16 L	1	1988
Chiron FZ 12 W	1	2002
Haas VF3B APACHE	1	2002
Haas Minimill	1	2002
Kovosvit MCV 500	1	2002
Kovosvit MCV 750	1	2000

HORIZONTÁLNÍ CENTRA

	POČET	ROK VÝROBY
Heckert CWK 400D	5	2004
Heckert CWK 400B	2	2006
Daewoo ACE HC 400	1	2003

OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ

Broušení na kulato / na plocho

Honování

Protahování

Válcování závitů

Konvenční vrtačky a frézy

Galvanizace

MĚŘENÍ CMM

	POČET	ROK VÝROBY
Zeiss C 700C	1	1993
Zeiss C 400	1	1996
Wenzel LH87	1	2004

1.7 Stojní park v Divizi Auto

Předmětem naší práce je součástka vyráběná Divizí Auto, popíši přesněji stojní park v této divizi.

1.7.1 Obráběcí centrum CHIRON FZ 12W

Toto obráběcí centrum je založeno na vertikálním sloupovém pohybu. Mezi jeho výhody patří velká přesnost obráběných výrobků, bez ohledu na jejich hmotnost. To je dosaženo díky velké tuhosti rámu stroje. Pro jeho velmi stabilní konstrukci lze obrábět obrobky náročným, vysokorychlostním třískovým obráběním.

Základní parametry obráběcího centra:

X-Y-Z ... 550-300-425 mm

rychloposuv ... 40 m/min

otáčky vřetena ... 10500 ot/min

frézovací kapacita ... 250 cm³/min

maximální počet nástrojů ... 20 ks

čas na výměnu nástroje ... 0,8 s

Výměna dílce je dokončena za 2,9 sec a to včetně umístění na jeho požadovanou pozici (natočení od 0° do 180°). Zatímco se jedna část obrábí, může být jiná část nastavovaná bez nutnosti přerušení operace. Tím se redukuje obráběcí čas a přispívá tak k vysokorychlostnímu obrábění. K upnutí obrobků slouží centrální rozváděcí zařízení, které je schopno dostatečně upnout obrobek na všech jeho stranách. Veliká síla vřetena je zajištěna velkými ložisky SK30, ISO40 nebo HSK63, to zajišťuje dobré řezné parametry pro frézování. Ke kontrole lze použít stacionární 3D sondový systém, který měří otupení nástrojů a je schopen otupení strojně vyvážit.

Obráběcí stroj je využíván v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu a rovněž i na výrobu chirurgických nástrojů.(7)

1.7.2 CNC soustruh Hyundai HIT-8

Průmyslový, velmi rychlý dvouosý CNC soustruh s přímým ložem a maximálně minimalizovanými vedlejšími časy. Je vhodný na výrobu velmi

přesných dílců v rozsahu pracovního prostoru. Možnost připojení mimo jiné tyčového podavače do průměru 40mm a automatického odběru obrobků. Konstrukčně řešen pro nepřetržitý třísměnný provoz.

Základní parametry:

Tab. 1.2 Parametry stroje(8)

Kapacita	Doporučený maximální obráběný průměr	160 mm
	Maximální obráběná délka	285 mm
	Maximální průměr obrábění z tyče	40 mm
	Průměr sklíčidla	160 mm
Vřeteno	Ukončení vřetena	ISO A2-5
	Vrtání vřetena	50 mm
	Motor vřetena	10,3/8 kW
	Otáčky vřetena	(60-6000) ot/min
	Krouticí moment vřetena	8,8 kg-m
Suporty	Rozjezd v ose X/Z	100/290 mm
	Rychloposuvy X/Z	30 m/min
Revolver	Typ	hydraulický
	Počet nástrojových poloh	8/12 nástrojů
	Výměna nástroje 1 poloha	0,28/0,58 sec
	Upínací rozměr nástroje	20 x 20 mm
	Upínací rozměr osového nástroje	25 mm
Koník	Typ	univerzální-poloautomatický
	Kužel pinoly	Morse 4
	Zdvih pinoly	95 mm
	Zdvih těla koníka	364 mm
Přesnost	Najetí do polohy X/Z	0,0025 mm
	Opakované najetí polohy X/Z	0,002 mm
Řízení stroje	SIEMENS	810, 10.4" TFT, color
Rozměry	Délka x šířka stroje	2015 x 1368 mm
	Výška stroje	1790 mm
	Váha stroje	2700 kg
	Jmenovitý příkon stroje	25 kW

1.7.3 HEC 400D

Tento stroj se oproti svým předchůdcům vyznačuje zvýšením životnosti a tepelné stálosti. Produktivita je zvýšená vyšší životností nástroje a vylepšením manipulace s materiálem.

Pomocí rozměrných dopravníků, které zajišťují odvod třísek, lze aplikovat obrábění bez použití maziva. Termální stabilita je zajištěna termo-symetrickým designem lože stroje a velké tuhosti stroje. Ochrana operační části stroje, hlavně měřících systémů, je zajištěna pevným kovovým tabulovým panelem, místo teleskopického krytu, který se u jiných strojů neosvědčil. Nástroje jsou řazeny v řetězovém zásobníku po 60-80 nástrojích, při použití vícenásobného řetězového zásobníku lze upnout až 320 nástrojů. Velikost nástrojů může dosahovat průměru až 160 mm a délky 350 mm. Zásobník je uložen rovnoběžně se vřetenem, díky čemuž lze nástroje rychle připravit do požadované polohy. Výměna nástroje probíhá za 2,8-3 sec. Stroj je schopný obrábět do přesnosti IT5. Opatření nástrojů se měří pevným přírůstkovým měřícím systémem, důsledkem tohoto měření je, že stroj sám opraví opotřebení nástrojů a nastaví korekce. Tvar vřetena lze upravovat podle obráběné součásti a podle jednotlivých operací. Vřeteno je chlazeno zevnitř, díky čemuž lze obrábět vysokými reznými rychlostmi. Upínání se provádí s přesností 0,001° na požadované umístění součásti. Při přidání elektrických spojek pro hydraulický agregát se upínací síla zvýší na 240 bar. Upínání, přestavení a uvolnění součásti lze provádět během obrábění, což zkracuje strojní časy.(9)

Základní parametry:

Tab. 1.3 Parametry stroje(9)

maximální pohyb v osách X-Y-Z	650-650-680 mm
maximální průměr obrobku	700 mm
maximální otáčky obrobku	80 ot/min
otáčky vřetena	(50-10000) ot/min
kroutící moment vřetena	200 Nm
výkon vřeten	31 kW
počet nástrojů	60
maximální průměr nástroje	160 mm
maximální délka nástroje	350 mm
maximální váha nástroje	10 kg

2 MATERIÁL OBROBKU

2.1 Popis slitiny

Výrobek se vyrábí ze slitiny hliníku s označením EN AC 46000. Tato slitina je ve USA, kde sídlí firma, která dala požadavek na tuto slitinu, označována jako AA 380.0. V českých normách nejvíce této slitině odpovídá slitina pod označením ČSN 42 4339. Je to slitina typu Al-Cu-Si. Jedná se o nejvíce aplikované slitiny pro tlakové lití. Označovány jsou jako slitiny „pro všechny účely“. Mají velmi dobrou slévateľnost a dobré mechanické vlastnosti, ale mají malou odolnost vůči korozi.

Protože požadavek zákazníka byl odvíjen podle značení hliníkových slitin ve Spojených státech, bylo nutno upravit požadavky na slitiny, které jsou pod označením v Evropské unii. Jak je již výše zmíněno, nejpodobnější slitina je slitina EN AC 46000. Porovnání těchto dvou slitin, tj. slitiny pod označením AA 380.0 a slitiny EN AC 46000 je provedeno v tabulce složení.(10)

Tab 2.1 Porovnání slitin hliníku(12)

	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Ni
AA 380.0	7,5-9,5	3-4	max 2	max 0,5	max 0,1	max 0,5
EN AC 46000	8-11	2-4	max 1,3	max 0,55	0,05-0,55	max 0,55
	Zn	Sn	Al	Cr	Pb	Ti
AA 380.0	max 3	max 0,035	zbytek	-	-	-
EN AC 46000	max 1,2	max 0,25	zbytek	max 0,15	max 0,35	max 0,25

Si 5-25% podeutektické do 12% Si - jednodušší odlitky (slévářenské vlastnosti jsou horší).

Siluminy hlavní uplatnění pro součásti motorů (skříně, písty,...), nízká hmotnost
 eutektické cca 12% Si - komplikované odlitky
 nadeutektické 12-24% Si - odolnost proti opotřebení (tvrdé krystaly křemíku) - ložiska.

Cu, Ni (Cr,Co) - vznikají slitiny s příznivými vlastnostmi za vysokých teplot

Mn a Mg hodící se k vytvrzování

Mg dobrá slévateľnosť, zejména u slitin s Al

Stálé příměsi Fe, Si - stálé příměsi, jsou obtížně odstranitelné

Fe - se v Al téměř nerozpouští, již při setinách % vzniká na hranicích zrn eutektikum tuhého roztoku a Al_3Fe - křehká sloučenina,

zhoršuje houževnatost a chemickou odolnost. Omezení nepříznivého vlivu Fe přísadou Mn nebo Cr.

Si - již v setinách % segreguje na hranicích zrn v podobě křehkých jehlic.

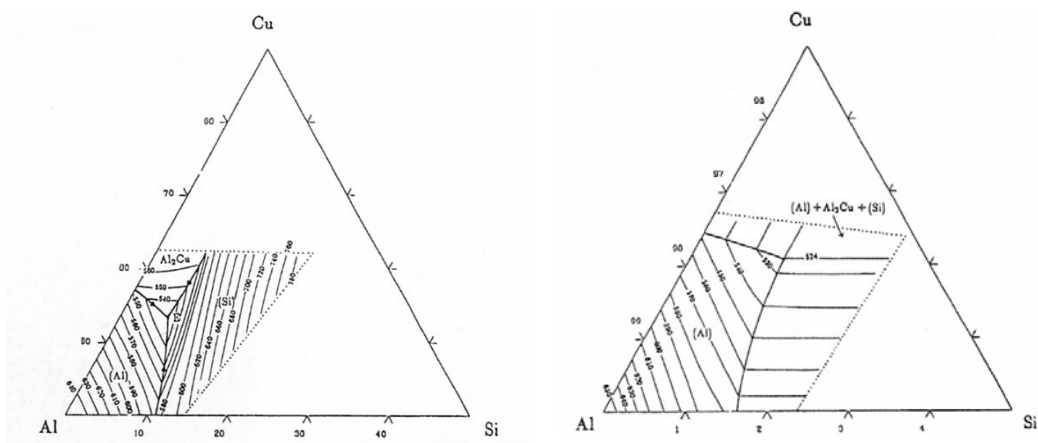
Porovnání mechanických parametrů:

Tab. 2.2 Mechanické parametry(12)

	Rm [MPa]	Re [MPa]	A [%]
AA 380.0	296	158	min 3%
EN AC 46000	240	140	min 1%

2.2 Vlastnosti slitiny EN AC 46000

Jedná se o značně používané slitiny, u kterých se legováním Si, vůči slitin Al-Cu, zlepší slévárenské vlastnosti. U těchto slitin je v buď převaze Cu, nebo Si. Slitiny s obsahem Cu nad 3% jsou tepelně zpracovatelné. Většinou se tepelně zpracují jen slitiny, u kterých je legován také Mg. Slitiny s vysokým obsahem Si (nad 10%) jsou aplikované tam, kde se vyžaduje nízký koeficient tepelné roztažnosti. Vysokou odolnost vůči otěru vykazují slitiny, kde obsah Si může dosáhnout až 22%. Nejčastější zpracování je lití pod tlakem. Slitina při lití nemá sklon k tvorbě trhlin za tepla, netvoří soustředěné staženiny a jsou dobře obrobitelné. Výhodou je, že jen málo pohlcují plyny. Přítomná měď zlepšuje jejich vlastnost za zvýšených teplot, avšak působí na zhoršení její odolnosti proti korozi. (10)



Obr. 2.1 Projekce likvidu (solidu) v systému Al-Cu-Si v oblasti bohaté Al (10)

Podle tohoto popisu se vybraná slitina vyznačuje oproti původní slitině nižším koeficientem roztažnosti a lepší tepelnou zpracovatelností.

2.2.1 Fyzikální vlastnosti slitiny

Hliník má kubickou plošně centrovanou mřížku K12. V důsledku toho má hliník i jeho slitiny dobré plastické vlastnosti jak za tepla, tak i za studena. Skluzové roviny jsou roviny $\{111\}_\alpha$ skluzové směry $\langle 110 \rangle_\alpha$.

Tab 2.2. Fyzikální vlastnosti(10)

Fyzikální vlastnost		Jednotky	Hodnota
Hustota		[kg*m ³]	2740
Interval tavení		[°C]	520-590
Elektrická vodivost		[%]	27
Tepelná vodivost při 25°C		[W*m ⁻¹ *K ⁻¹]	0,26
Koeficient tepelné	20-100°C	[Kx10 ⁶]	21,2
	20-300°C	[Kx10 ⁶]	22,5

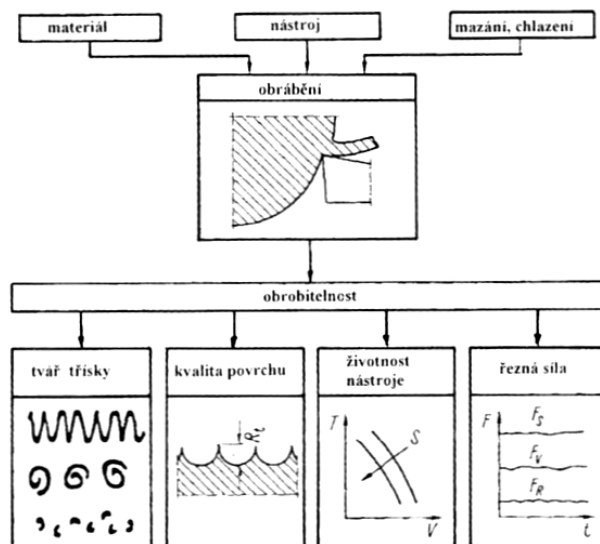
2.2.2 Strukturní složky ve slitině

Tab 2.3 Strukturní složky(10)

Strukturní složka	Charakteristika
α fáze (matrice)	Dentrity
$\text{Al}_{15}\text{Mn}_3\text{Si}_2$	Hnědé intermetalické částice tvaru „čínské písmo“
Al_5FeSi	Jehlice
Si	Šedivé jehlice
Al_2Cu	Intermetalické částice růžové barvy
$\text{Al}_5\text{Cu}_2\text{Mg}_8\text{Si}_6$	-
Mg_2Si	Černé intermetalické částice

2.3 Obrobitelnost

Pod pojem obrobitelnost lze zahrnout řadu vlastností a parametrů. Vedle požadavku na přesnost rozměrů obrobku je to životnost nástroje, řezné síly, kvalita povrchu a požadovaný tvar třísky pro daný způsob obrábění. (10)



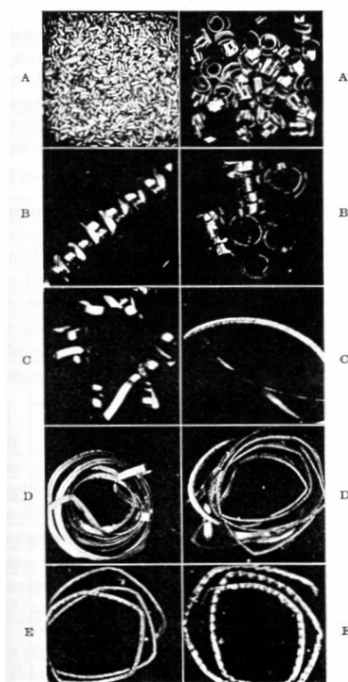
Obr. 2.2 Parametry charakterizující obrobitelnost (10)

Obrobitelnost nezávisí pouze na fyzikálních a mechanických vlastnostech a stavu obráběného materiálu, jako jsou například tvrdost, houževnatost a struktura.

Obecně lze říci, že hliník a jeho slitiny patří mezi materiály lépe obrobitelné. Například ve srovnání s ocelmi stejné pevnosti jsou řezné síly u hliníkových slitin výrazně menší. Zatímco obrobitelnost čistého hliníku je velmi špatná, obrobitelnost slitin hliníku je velmi dobrá. Výrazný rozdíl spočívá ve struktuře. Vliv precipitátů, konstitučních fází, měkkých částic a v neposlední řadě i stupně deformačního zpevnění působí na obrobitelnost hliníkových slitin velmi příznivě.

Jedním z nejdůležitějších parametrů při hodnocení obrobitelnosti je tvar třísky. Pro hodnocení obrobitelnosti na základě tvaru třísky se používá vizuální hodnocení. Tříska je rozdělena podle tvaru do pěti skupin označovaných písmeny A až E. Hodnocení vybraných slitin je uvedeno v následující tabulce.

(10)



Tab. 2.4 Příklad třísek(10)

	A	B
slitina	2011-T3	2024-T4
řezná rychl. m/min.	120	30
posun mm/ot. vlevo	0.066	0.152
posun mm/ot. vpravo	0.152	0.264

	C	D
slitina	6061-T6	3004-H32
řezná rychl. m/min.	120	120
posun mm/ot. vlevo	0.152	0.152
posun mm/ot. vpravo	0.264	0.264

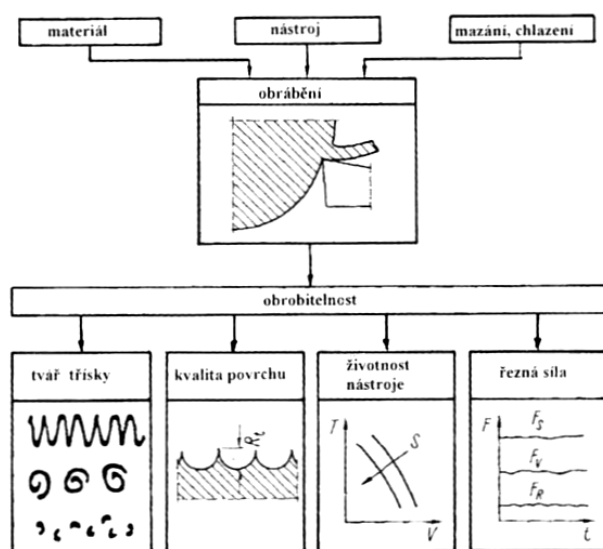
	E
slitina	1100-H12
řezná rychl. m/min.	120
posun mm/ot. vlevo	0.152
posun mm/ot. vpravo	0.264

obr. 2.3 Typické třísky rozděleny do skupin podle tvaru, všechny třísky vznikly při obrábění stejným způsobem (10)

Slitiny hliníku lze z hlediska obrobitelnosti rozdělit do tří skupin. Na slitiny slévárenské, tvářené a slitiny speciální určené pro obrábění, které se nazývají automatové.

2.3.1 Slévárenské slitiny

obsahují měď, hořčík nebo zinek jako hlavní legující prvky, jsou dobře obrobitelné a nezpůsobují při obrábění žádné podstatné problémy. Jejich obrobitelnost je srovnatelná s tvářenými slitinami. Slitiny obsahující jako hlavní legující prvek křemík je nutné obrábět při nižších rychlostech a posuvech. Opotřebení nástrojů vzrůstá s obsahem křemíku. Výjimkou jsou eutektické nebo mírně podeutektické slitiny s obsahem Si kolem 12%. Tyto slitiny se vyznačují poměrně měkkou matricí, do které se tvrdé částice Si způsobující opotřebení nástroje snadno při obrábění zpět zatlačí. Z tohoto zorného úhlu působí nepříznivě na zvýšení opotřebení nástrojů tepelné zpracování, které vede ke zpevnění matrice. Při obrábění slitin legovaných křemíkem se tvoří většinou krátká dobře lámavá tříška. Slitiny s obsahem Si kolem 12% jsou třísky dlouhé svinuté. Drsnost povrchu podetektických a eutektických slitin klesá s rostoucí řeznou rychlostí. Od určité poměrně vysoké řezné rychlosti se kvalita povrchu opět zhoršuje, jak je uvedeno na obrázku. (10)



Obr. 2.4 Závislost povrchu na řezné rychlosti pro slévárenské slitiny Al-Si (10)

2.3.2 Tvářené slitiny

Mají výborné charakteristiky obrábění. Pro dosažení optimálních podmínek je důležité věnovat pozornost parametrům obrábění a geometrii řezných nástrojů. U nevytvrzovatelných slitin se tvoří dlouhá spojitá tříška. Jejich

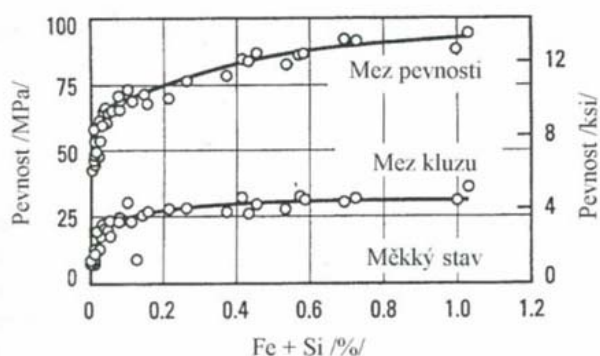
obrobitelnost se zlepšuje tvářením za studena. Vtvrzovatelné slitiny mají kvalitnější povrch a lepší obrobitelnost. (10)

2.3.3 Automatové slitiny

jsou legovány prvky s nízkou teplotou tání. Prvky jako Pb, Bi, Sb a Cd zlepšují podmínky pro vznik drobné a lámavé třísky při obrábění. Z hlediska opotřebení nástrojů jsou automatové slitiny na úrovni tvářených slitin a při vysokých řezných rychlostech kolem 10000m/min je opotřebení nástrojů poměrně malé. Řezné síly a kvalita povrchu odpovídají parametrům tvářených vytvrzovatelných slitin. (10)

2.4 Mechanické vlastnosti

Nejčastěji používanou zkouškou pro zjištění mechanických charakteristik je zkouška tahem. Při této zkoušce se obvykle určují meze pevnosti R_m , meze kluzu R_e a tažnosti A . Mechanické vlastnosti jsou zatíženy poměrně velkým rozptylem, na kterém se podílí nejen kolísání výrobních parametrů, ale i na stavu tepelného zpracování a tloušťce výrobku. Slévárenské slitiny mají většinou větší celkový obsah prvků a nižší mez pevnosti, což je způsobeno tím, že litá struktura je na rozdíl od struktury protvářené hrubozrná, nehomogenní z hlediska chemického složení (makro a mikroodmíšení) a je pórovitá. Rozdíl v pevnosti od jiných hliníkových slitin je dán povahou zpevnění. Ke zpevnění může dojít tvářením nebo pomocí legujících prvků. Množství legujících prvků zapříčiňuje rozptyl pevnosti u hliníkových slévárenských slitin. Zvyšování pevnosti slitin je způsobeno přidáním legur Fe+Si i jen v desetinném množství. Zpevnění je dáno tím, že rozpustnost železa při pokojové teplotě je nepatrná a železo se tak vyskytuje ve formě intermetalických fází s Al a dalšími prvky. (10)

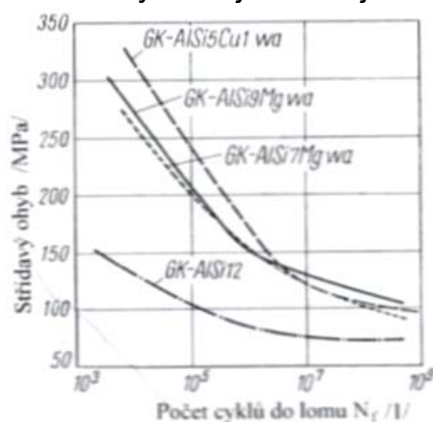


obr. 2.5 Vliv obsahu Fe+Si na zvýšení pevnostních hodnot hliníku(10)

2.5 Únavové vlastnosti

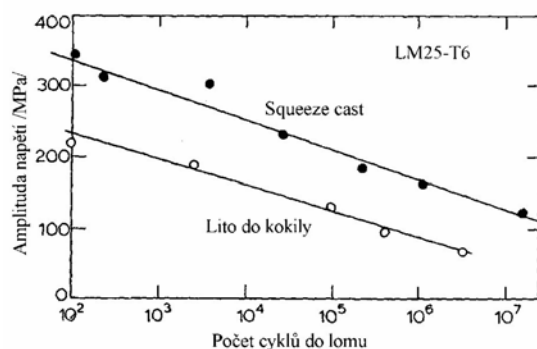
Únavová životnost hliníkových slitin závisí na řadě parametrů. Kromě vlivu chemického složení, stavu tepelného zpracování, způsobu výroby hraje důležitou roli i charakter namáhání, kvalita povrchu a přítomnost vrubů. Plánování a vyhodnocování únavových zkoušek vyžaduje statistický přístup. To proto, že únavové zkoušky u slitin hliníku se vyznačují velkým rozptylem, což je způsobeno množstvím faktorů, působících na výsledek zkoušky.

Na následujícím obrázku jsou uvedeny únavové křivky pro slévárenské slitiny při ohybu za rotace. Při stejném maximálním zatížení se liší únavové křivky i v závislosti na tom, jaký je rozkmit zatížení. Tento vliv asymetrie je definovaný parametrem R . Obecně platí, že při stejném maximálním napětí únavové životy klesají s klesající hodnotou parametru R .



obr. 2.6 Únavové křivky slévárenských slitin pro ohyb za rotace(10)

Na únavovou odolnost má také, u slévárenských slitin hliníku, vliv způsob lití a s tím spojené strukturní parametry. Velikost zrna, nehomogenita způsobená makroodmíšením a výskyt pórů jsou faktory, které tyto slitiny nejvíce ovlivňují. Na následujícím obrázku jsou srovnány dva způsoby lití. Jeden je lití do kokily a druhý je lití pod tlakem (squeeze cast). Odlitek litý pod tlakem má podstatně vyšší únavovou odolnost než odlitek litý do kokil. Je to způsobeno rozdílnou strukturou a menším obsahem pórů u slitin připravené metodou litím pod tlakem. (10)



obr. 2.7 Únavové křivky slévárenské slitiny (10)

3 Optimalizace řezných podmínek

Optimalizaci provádíme pomocí lineárního programování. Při tomto způsobu optimalizace musíme dodržet tyto zásady:

- a) řezné podmínky musí zajistit splnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na obráběný dílec,
- b) velikost průřezu třísky musí být v souladu s tuhostí soustavy,
- c) složky řezného odporu nesmějí překročit maximálně přípustné síly v jednotlivých směrech,
- d) výkon řezání musí být menší než užitečný výkon elektromotoru stroje,
- e) nesmí být překročena řezivost nástroje,

- f) musí být dodržena minimálně přípustná výrobnost stroje za časovou jednotku,
- g) řezné parametry musí být v mezích přípustných intervalů,
- h) při obrábění načisto nesmí být překročena limitní hodnota posuvu, daná požadovanou drsností povrchu.(11)

3.1 Optimální trvanlivost z hlediska minimálních nákladů

$$T_{opt1} = (m-1) \cdot \frac{60 \cdot B}{E} \cdot \lambda \quad (3.2)$$

$$\lambda = \frac{1}{L} \quad (3.3)$$

L...délka obráběcí plochy

L...celková délka, kdy je zapnut strojní posuv

B...náklady na použití jednoho břitu

E...náklady na 1 hodinu práce stroje

Optimální trvanlivost nástroje z hlediska maximální výrobnosti

$$T_{opt2} = (m-1) \cdot t_{AX} \cdot \lambda \quad (3.4)$$

t_{AX}...čas na výměnu a seřízení nástroje

3.2 Volba řezných parametrů pro vrtání

3.2.1 Omezení dané řezivostí vrtáku

$$n \cdot f^{Y_{vc}} \leq \frac{10^3 \cdot c_{vc}}{T_{opt} \cdot \pi \cdot D^{1-x_{vc}}} \quad (3.10)$$

n...otáčky vrtáku

f...posuv vrtáku

T_{opt}...trvanlivost nástroje, vypočítáno podle rovnic 3.2 a 3.4

D...maximální průměr vrtáku

3.2.2 Omezení dané užitečným výkonem a kroutícím momentem

$$n \cdot f^{Y_{Fe}} \leq \frac{9,55 \cdot 10^6 \cdot P_{ef}}{c_M \cdot D^{X_M}} \quad (3.11)$$

P_{ef} ...užitečný výkon na vřetení

D ...maximální průměr vrtáku

f ...posuv vrtáku

n ...otáčky vřetene

3.2.3 Omezení dané dovoleným namáháním vrtáku na krut a na vzpěr

$$f \leq \left[\frac{0,01108 \cdot D^{(3-x_M)} \cdot R_m \cdot \varepsilon}{c_M \cdot K} \right]^{1/y_{Fc}} \quad (3.12)$$

R_m ...mez pevnosti materiálu

K ...součinitel bezpečnosti, volí se 3-4

ε ...opravný součinitel, uvažující vliv stoupání šroubovice(tabulován)

D ... maximální průměr vrtáku

$$f \leq \left[\frac{4468 \cdot D^{4-x_{FF}} \cdot \xi}{K \cdot l_O \cdot c_{FF}} \right]^{1/y_{FF}} \quad (3.13)$$

D ... maximální průměr vrtáku

K ...součinitel bezpečnosti, volí se 3-4

l_O ...vysunutá délka vrtáku

ξ ...součinitel, určující vliv skutečného průřezu vrtáku (tabulován)

3.2.4 Omezení dané obrobením minimálně přípustného počtu děr za hodinu

$$n \cdot f \geq \frac{L}{\frac{60 \cdot \eta}{N_m} - t_{A11}} \quad (3.14)$$

N_m ...požadovaný počet děr za hodinu

t_{A11} ...čas jednotkové práce za klidu

L ...celková délka dráhy vrtáku

η ...využití času směny

3.2.5 Omezení dané řeznými parametry

$$n \geq \frac{10^3 \cdot v_{cmin}}{\pi \cdot D} \quad (3.15)$$

$$n \leq \frac{10^3 \cdot v_{cmax}}{\pi \cdot D} \quad (3.16)$$

$$f \leq a \cdot D^b \quad (3.17)$$

v_{cmax}/v_{cmin} ...maximální/minimální řezná rychlost, závisující na vrtaném materiálu

D ... maximální průměr vrtáku

C_{VC} , x_{VC} , y_{VC} , a , b , C_M , x_{FC} , X_{Ff} , Y_{Ff} ...konstanty volené dle tabulek podle obráběného materiálu

Po linearizaci a zavedení substituce $x_1 = \log n$ a $x_2 = \log (100f)$ budou po úpravách mít daná omezení tvar:

$$\begin{array}{rcll} x_1 & + & y_{VC} & \cdot & x_2 & \leq & B_1 \\ x_1 & + & y_{Fc} & & x_2 & \leq & B_2 \\ & & & & x_2 & \leq & B_3 \\ & & - & & x_2 & \leq & \overline{B_3} \\ x_1 & + & & & x_2 & \geq & B_4 \\ x_1 & & & & & \geq & B_5 \\ x_1 & & & & & \leq & B_6 \\ & & & & x_2 & \leq & B_7 \end{array}$$

$$-x_1 - x_2 = \text{MAX}$$

Z této matice se postupnými úpravami dostanou optimální otáčky a optimální posuv nástroje.(11)

4 KAPACITNÍ PLÁNOVÁNÍ

4.1 Výrobní kapacita

Výrobní kapacitu charakterizujeme jako maximální objem produkce, který může výrobní závod vyrobit za určitou dobu (rok, den, hodina). Je to schopnost výkonu zařízení nebo prostředku za normálních okolností po určitou dobu. Kapacita je definována jako možný výstup zařízení.

Kapacita výrobní jednotky závisí na mnoha činitelích, především na:

- technické úrovni strojů a výrobního zařízení,
- na době jejich činnosti,
- organizaci práce,

- organizaci výroby,
- kvalifikaci pracovních sil,
- použitých surovinách a pod.,
- Obecně se kapacita výrobní jednotky vyjadřuje jako výsledek jejího výkonu a doby, po kterou je v činnosti.

4.1.1 Výkon výrobního zařízení

Představuje maximální výrobnost za jednotku času, obvykle za jednu hodinu, při normované jakosti a přesném dodržení technologického postupu a jakosti výroby. Je vyjádřen ve výrobcích, stejně jak je i vyjádřena výrobní kapacita. Výkon výrobního zařízení se stanoví na základě kapacitních norem výrobnosti, jež určují maximální množství výrobků, které může být na daném výrobním zařízení zhotoveno za časovou jednotku.

4.1.2 Časový fond

je plánovaný počet časových jednotek (dnů, hodin) za rok.

- Kalendářní časový fond F_k : je dán počtem dnů v roce. Používá se v nepřetržitých výrobních procesech.
- Nominální časový fond F_n : je kalendářní časový fond po odečtení nepracovních dnů (nedělí, sobot, svátků).
- Efektivní (využitelný) časový fond F_{ef} : je čas pracoviště, využitelný pro výrobu.

$$F_{ef} = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) \quad (4.1)$$

d ...počet pracovních dnů v roce

h ...počet pracovních hodin za jednu směnu

σ ...směnnost

g ...počet vzájemně změnitelných pracovišť

z ...% nevyhnutelných časových ztrát (plánované prostoje z nominálního časového fondu)

4.1.3 Pracnost operace

Je sestavena na základě norem času předepsaných v technologickém postupu.

$$t_i = \frac{t_{ACi}}{60} + \frac{t_{BCi}}{60 \cdot d_v} \quad (4.2)$$

t_i ...pracnost operace

t_{ACi} ...čas jednotkové práce s přírážkou času směnového na i-tém pracovišti

t_{BCi} ...čas dávkové práce s přírážkou času směnového na i-tém pracovišti

d_v ...velikost výrobní dávky v kusech

4.2 Stanovení výrobní kapacity pracoviště

U pracovišť, jejichž činnost je pravidelná a vyrábí jeden druh výrobku nebo výroby na sebe převoditelné.

$$K_i = \frac{F_{ef}}{t_i} \quad [4.3]$$

K_i ...kapacita i-tého pracoviště vyjádřena v naturálních jednotkách

F_{ef} ...časový efektivní fond i-tého pracoviště v hod. za rok

t_i ...skutečná pracnost operace v , prováděná na i-tém pracovišti

4.2.1 Využívání výrobní kapacity a její řízení

Výrobní kapacita je stanovena jako maximálně možný objem produkce dosažitelný výrobní jednotkou za určité období, a proto bude skutečně dosažený objem výroby vždy nižší. Poměr mezi skutečným objemem výroby a výrobní kapacitou charakterizuje využití výrobní kapacity, jejíž rozsah je 0-1.(13)

$$K_K = \frac{Q_s}{K} \quad [4.4]$$

K_K ...koeficient celkového využití výrobní kapacity

Q_s ...skutečný objem výroby

K ...výrobní kapacita

5 STANOVENÍ VELIKOSTI VÝROBNÍ DÁVKY

5.1 Výrobní dávka

je množství součástí, komponent případně výrobků, které jsou současně do výroby zadávány nebo odváděny, jsou opracovány v těsném časovém sledu a to na určeném pracovišti, s jednorázovým konstantním vynaložením nákladů na přípravu a evidenci výroby.

Na dávku je společně vydáván výchozí materiálový prvek, jako celek je v průběhu výroby evidována i při odvádění na mezisklad či na sklad hotových výrobků.

5.1.1 Základní požadavky na velikost výrobní dávky

1. Počet kusů v dv má být zaokrouhlený – vhodný ke sčítání, evidenci, kalkulaci,
2. Prakticky upotřebitelná velikost dv - období opakování se rovná základní plánovací jednotce a jejím násobkům,
3. Počet kusů v dv se rozdělí bez zbytku do dávek dopravních.

5.1.2 Způsoby výpočtu velikosti výrobní dávky:

1. na základě hospodářských úvah - d_{vopt} ,
2. na základě technicko hospodářských úvah - d_{vmin} ,
3. znalostním odhadem.

5.1.1 Výpočet minimální výrobní dávky

maximalizuje využití výrobního zařízení

t_{AC} – čas jednotkové práce s přírážkou času směnového

t_{BC} - čas dávkové práce s přírážkou času směnového

Musí platit:

$$t_{BCi} = k \cdot d_v \cdot t_{ACi} \quad [5.1]$$

kde: k – max. přípustný podíl doby klidu výrobního zařízení

Tedy:

$$d_{vi} = \frac{t_{BCi}}{k \cdot t_{ACi}} \quad [5.2]$$

Maximálně přípustný podíl doby klidu výrobního zařízení „k“ zjistíme podle tabulky 5.1

Tab 5.1 Maximální přípustný podíl doby klidu výrobního zařízení(16)

Náklady komponenty [Kč/ks]	Typ výroby Velkosériový	Středněsériový	Malosériový
do 20	0,02	0,03	0,05
20 - 500	0,03	0,05	0,08
nad 500	0,05	0,08	0,12

6 HOSPODAŘENÍ NÁŘADÍM

Nářadí je chápáno jako pracovní předmět (bez zřetele na jeho hodnotu, způsob pořízení a dobu upotřebitelnosti), které se při výrobě vkládá mezi stroj a materiálový prvek, případně mezi operátora či výrobního dělníka a materiálový prvek ve všech formách jeho transformace v konečný produkt. Do nářadí se nezahrnuje příslušenství strojů a výrobního zařízení.

Třídění nářadí z hlediska:

a/ technologického:

1. třída- nástroje pro tváření za tepla a lití,
2. třída- dřevěné modely,
3. třída- nástroje pro tváření za studena a střížní nástroje,
4. třída- řezné nástroje,
5. třída- brusné nástroje,
6. třída- přípravky,
7. třída- měřidla,
8. třída- ostatní nářadí.

b/ použitelnosti a zúčtování nákladů

- normální- má obecné použití pro technologicky podobné operace, náklady na opotřebení se zahrnují do dílenské režie,
- speciální- zvlášť se konstruuje pro určitou technologickou či montážní operaci na určitou komponentu, náklady na opotřebení tvoří samostatnou položku v kalkulačním vzorci produktu.

c/ uplatnění ve výrobě podle pořadí jeho potřeby

- o nářadí pro výrobu prototypu,
 - o nářadí pro opakovanou (zakázkovou) výrobu.
-
- nářadí prvního pořadí- při zahájení výroby pro trhy, je zapotřebí k dosažení předepsané jakosti,
 - nářadí druhého pořadí- při rozšiřujícím se objemu výroby, k dosažení požadované technologie,
 - nářadí třetího pořadí- u sériové až hromadné výrobě, slouží k dosažení dané produktivity.

6.1 Hospodárnost voleného nářadí

Volené nářadí bude hospodárné, jestliže úspory na výrobních nákladech, dosažitelné jeho použitím, budou větší než náklady na pořízení tohoto nářadí.

$$U_c \geq C_p \quad [6.1]$$

U_c ...úspory na výrobních nákladech, které vzniknou porovnáním dosavadní technologie s voleným nářadím

C_p ...náklady na pořízení nářadí

$$U_c = U - k \cdot C_p \quad [6.2]$$

U ...úspory na výrobních nákladech při porovnání technologie původní a technologie a voleným nářadím

k ...koeficient oprav, který nabývá hodnoty 0,2-0,4

Vliv počtu komponent, které budou voleným nářadím opracovány

$$u \cdot X - k \cdot C_p = C_p \quad [6.3]$$

u ...hrubá úspora, dosažitelná z titulu provedení dané technologie voleným nářadím na jednu součást

X ...plánovaný počet komponent, jež mají být vyrobeny voleným nářadím

Hrubá úspora na výrobních nákladech při opracování jedné součástky je součtem dílčích úspor

$$u = \sum_{i=1}^4 u_{\text{díl}} = u_{\text{mat}} + u_{\text{mzdy}} + u_{\text{seř}} + u_{\text{dr}} \quad [6.4]$$

u_{mat} ...úspora materiálu na jednu součást při použití voleného nářadí

u_{mzdy} ...úspora na mzdě výrobního dělníka nebo operátora

$u_{\text{seř}}$...úspora na mzdě seřizovače

u_{dr} ...úspora dílenské režie

úspora na mzdě

$$u_{\text{mzdy}} = m_1 \cdot \left(t_A' + \frac{t_B'}{d_{v1}} \right) - m_2 \cdot \left(t_A'' + \frac{t_B''}{d_{v2}} \right) \quad [6.5]$$

$m_{1,2}$...mzdový tarif operátora, výrobního dělníka v 1. a 2. technologii

$d_{v1,2}$...počet komponent ve výrobní dávce v 1. a 2. technologii

t_A', t_A'' ...čas jednotkové práce při 1. a 2. technologii

t_B', t_B'' ...čas dávkové práce při 1. a 2. technologii

úspora na mzdě seřizovače

$$u_{seř} = m_s \cdot \left(\frac{t_B'}{d_{v1}} - \frac{t_B''}{d_{v2}} \right) \quad [6.6]$$

m_s ...mzdový tarif seřizovače

úspora na dílenské režii

$$u_{dr} = (u_{mzdy} + u_{seř}) \cdot R \quad [6.7]$$

R ...součinitel dílenské režie

Hospodářská účinnost voleného nářadí

$$\eta = \frac{U_c}{C_p} = \frac{u \cdot X - K \cdot C_p}{C_p} \quad [6.8]$$

7 AKTUÁLNÍ STAV

7.1 Stroj

Stroj, na kterém se sledované obrábění koná se jmenuje HEC 400D. Jeho bližší popis byl už popsán v jedné z předešlých kapitol. Proto zde uvádím pouze základní charakteristiku v tabulce 7.1 a základní zobrazení na následujících obrázcích.

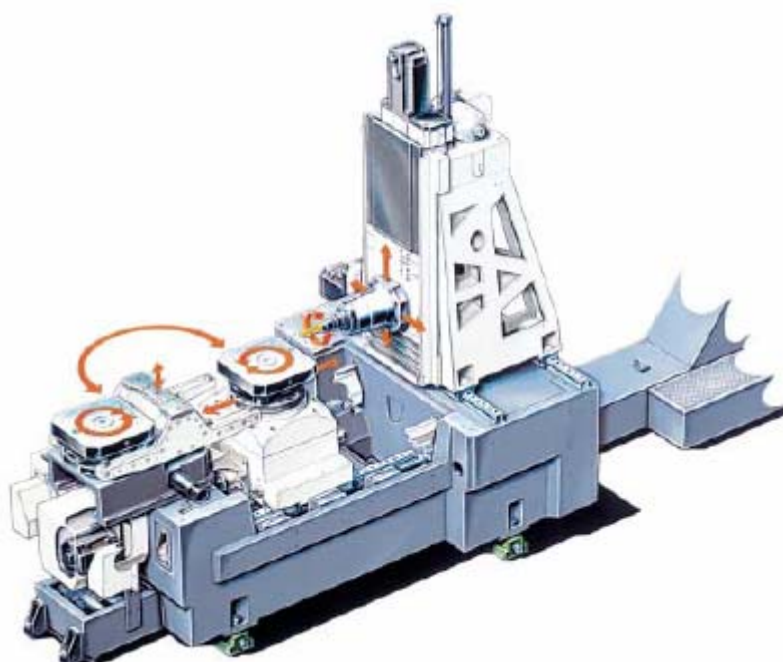
Cena práce stroje je dána na 11Kč/Nmin

Tab. 7.1 Parametry stroje(9)

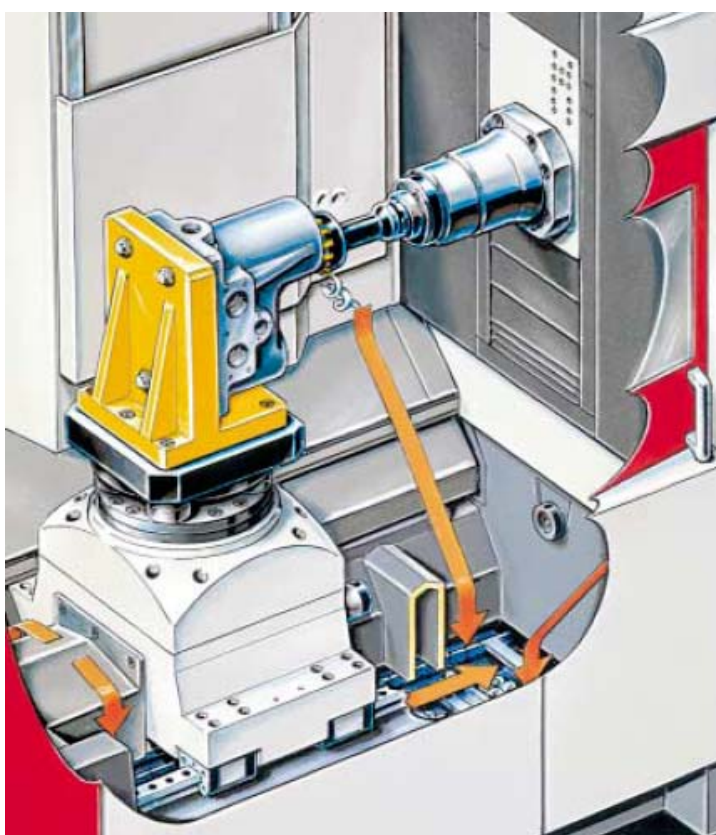
maximální pohyb v osách X-Y-Z	650-650-680 mm
maximální průměr obrobku	700 mm
maximální otáčky obrobku	80 ot/min
otáčky vřetena	50-10000 ot/min
kroučící moment vřetena	200 Nm
výkon vřeten	31 kW
počet nástrojů	60
maximální průměr nástroje	160 mm
maximální délka nástroje	350 mm
maximální váha nástroje	10 kg



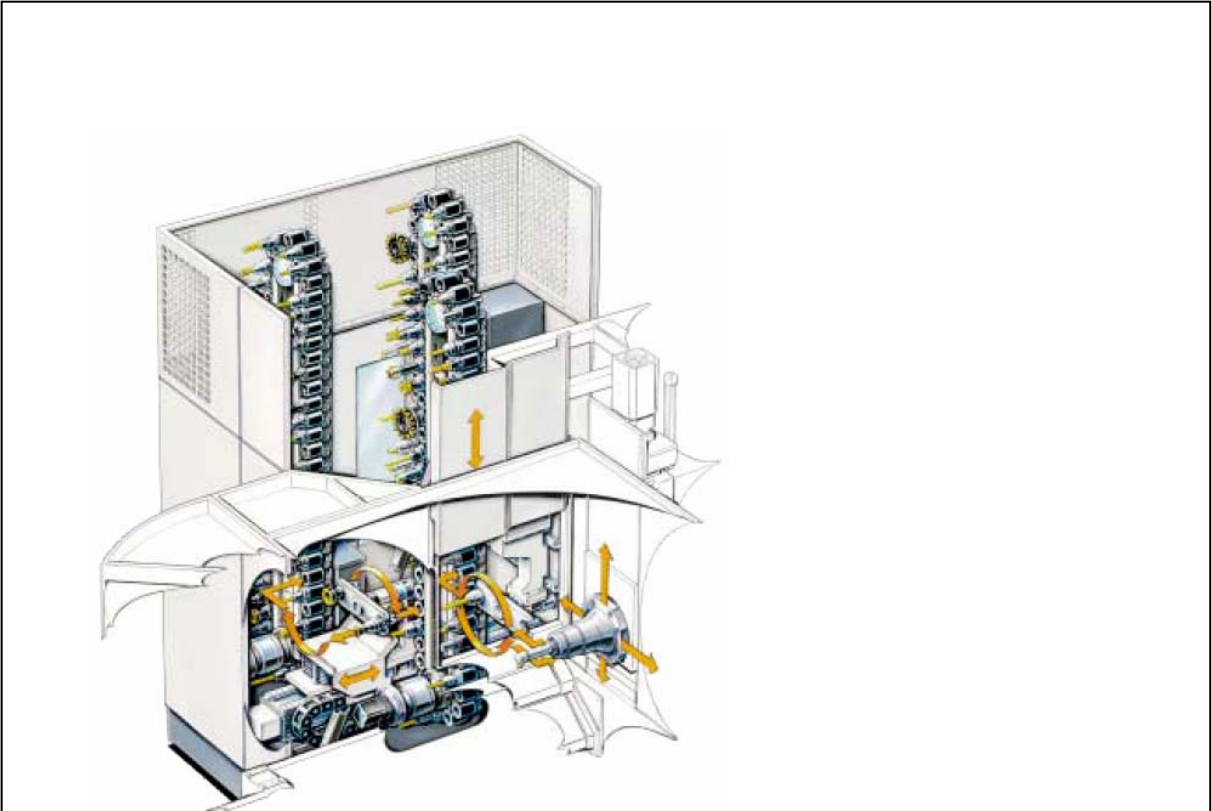
Obr. 7.1 Obráběcí centrum série HEC(9)



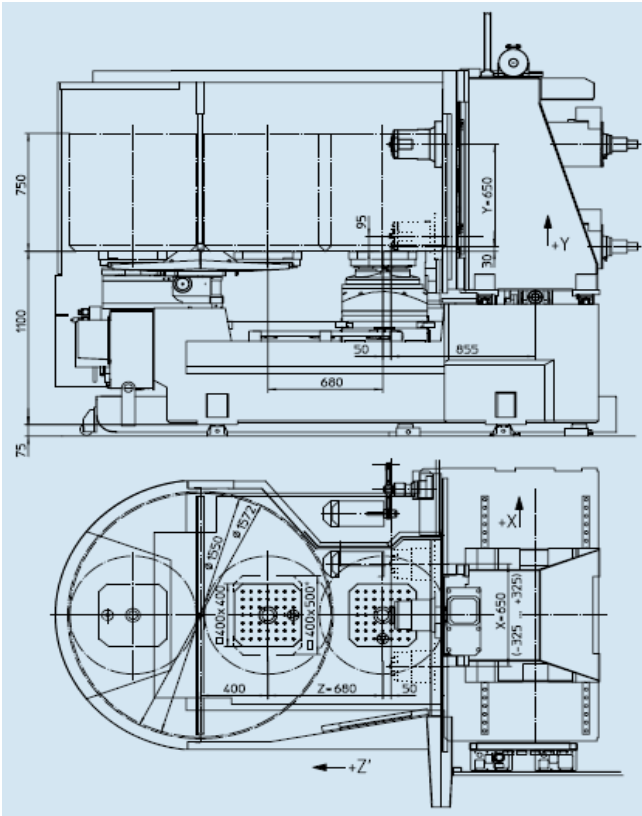
Obr. 7.2 Možnosti pohybů (9)



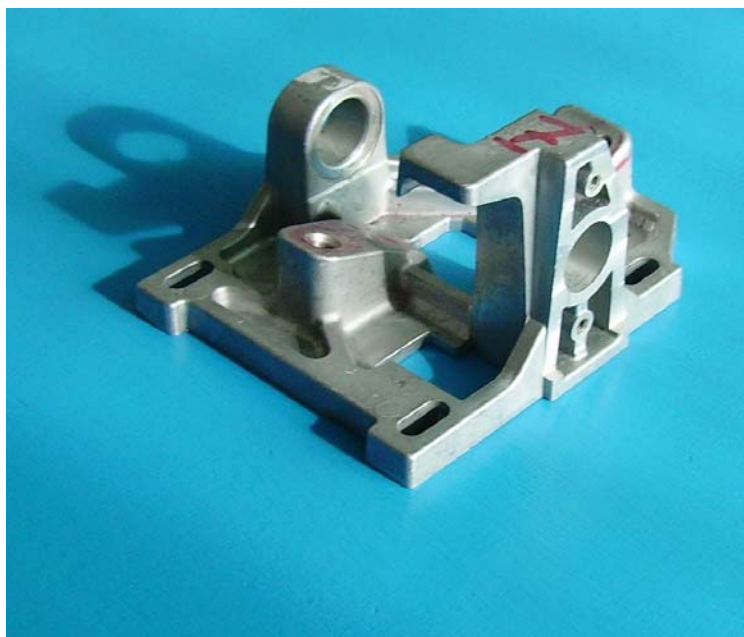
Obr. 7.3 Odvod třísek (9)



Obr. 7.4 Průběh výměny nástroje (9)



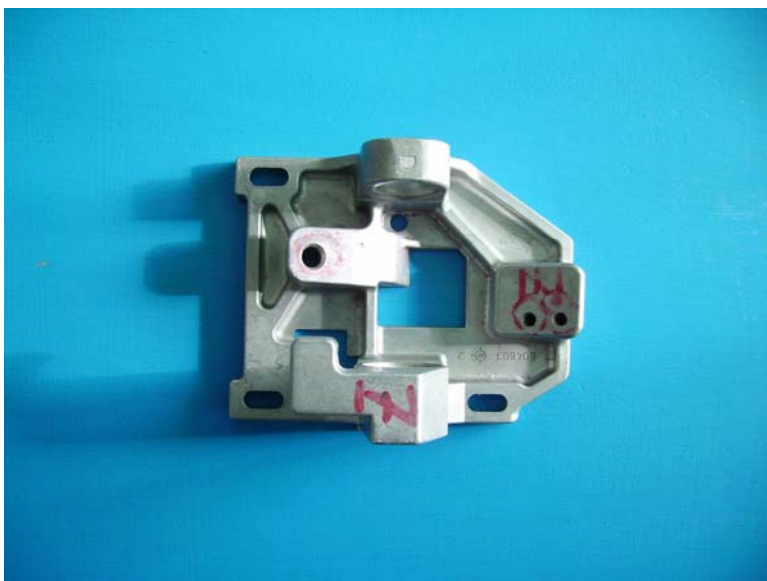
Obr. 7.5. Pracovní oblast (9)

7.2 Obrobek

Obr. 7.6 Součást I



Obr. 7.7 Součást II

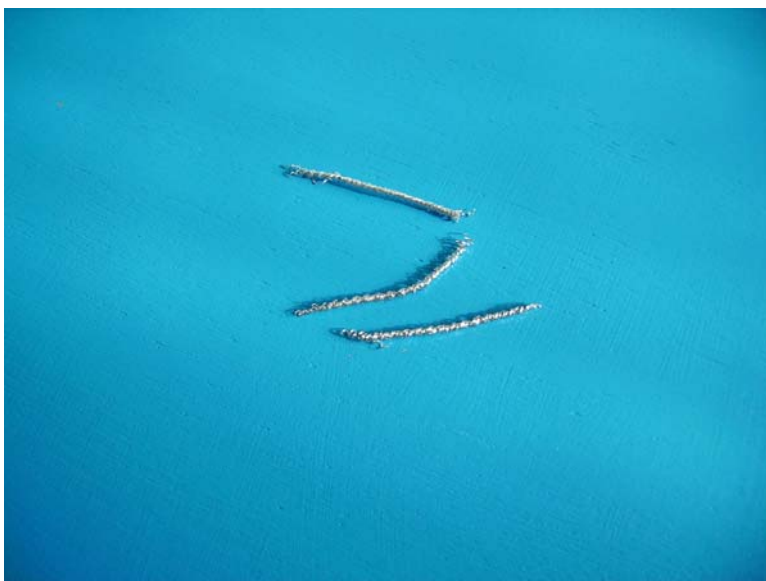


Obr. 7.8 Součást III

7.3 Tvar třísky



Obr. 7.9 Tříska po frézování



Obr. 7.10 Tříska po vtání

7.4 Obsluha a proces výroby

7.4.1 Postup dávky za jeden den

Aktuální počet obrobených kusů je cca 700 kusů za den. Součástka se vyrábí na dvou stejných strojích. Pracuje se v nepřetržitém, 3 směnném provozu, z čehož jedna směna trvá 7,5 hodiny. Využití směny je 85%. Z toho vyplývá, že za jednu směnu se musí obrobit minimálně 240 kusů.

Co se týče poměrem výrobní dávky k dopravní, je tento podíl roven jedné. Nebo-li, co se za jeden den obrobí, putuje v počtu 700 kusů do montáže. Kde se obráběná součást smontuje s jinými součástmi, které mají obdobnou dopravní i výrobní dávku. Montáž není, co se týče časové zátěže, nějak náročná. Proto dělníci zvládnout zkompletovat sestavy z dovezených dílců za 2 směny.

7.4.2 Mzdové tarify

Obrábění součásti se zúčastňují následující profese:

- Obsluha CNC stroje – je přítomna po celý čas směny u stroje, obstarává jeden stroj. Při práci stroje a po upnutí všech polotovarů řadí obrobené kusy do náležitých regálů a provádí vizuální kontrolu obrobků,

- Seřizovač CNC stroje – na začátku každé směny seřídí všechny nástroje umístěné v zásobníku nástrojů a po uvedení stroje do chodu zkontroluje správné nastavení stroje. Dále zkontroluje správné nastavení dílenské stavebnice a vyladí případné odchylky od standartu. Dále je přítomen při každé výměně otupeného nástroje za nový nabroušený. Při tomto úkonu opět seřídí nástroj a zajistí potřebné korekce,
- Ostříč nástrojů – ostří otupené nástroje. Má na starosti několik pracovišť, u kterých zajišťuje správné naostření otupených nástrojů.

Kromě pracovníků, kteří mají na starosti ostření nástrojů, pracují ostatní pracovníci v 3-směnném provozu.

tab. 7.2 Mzdové ohodnocení(14)

pracovní pozice	mzdový tarif [Kč/měsíc]	příplatek za noční směnu [Kč/měsíc]
obsluha CNC stroje	11 600	3 000
seřizovač CNC stroje	16 800	4 000
ostříč nástrojů	11 600	---

7.5 Postup obrábění

7.5.1 Sled operací

1. Označit dílec
2. Frézovat čelo u závitu M4
3. Vrtat Ø17 pro Ø18
4. Navrtat otvor pro závit M4
5. Navrtat otvor pro závit M5
6. Vrtat otvor pro závit M4
7. Řezat závit M4
8. Hrubovat Ø18 na Ø17,5
9. Vnitřní zahloubení u otvoru Ø18
10. Vnitřní zahloubení u otvoru Ø18
11. Dokončit Ø18
12. Zahloubit 15° u závitu M4

13. Zhloubit 15° u závitů M5
14. Vrtat otvor pro závit M5
15. Řezat závit M5
16. Vrtat otvor Ø6,7 pro Ø7
17. Vrtat otvor Ø7
18. Srazit hranu 15° u Ø7
19. Kontrola – probíhá podle návodky přiložené v příloze č.2

7.5.2 Řezné podmínky

V následující tabulce jsou uvedeny řezné parametry u jednotlivých operací.

Tab. 7.3 Řezné podmínky (15)

obráběný rozměr	délka, kdy je zapnut posuv	délka, kde je nástroj v záběru	otáčky	posuv
[mm]	[mm]	[mm]	[1/min]	[mm/ot]
Ø18	49,466	37	1000	0,25
Ø17,7	43,5	37	1000	0,1
Ø17	49,466	37	1000	0,25
Ø3,3	16	11	1500	0,25
Ø4,2	11,8	10	2500	0,25
Ø6,7	6	4,5	1000	0,25
Ø7	6	4,5	1000	0,1
navrtat				
pro M4	3	2	1500	0,25
pro M5	3	2	2500	0,25
pro Ø7	3	2	2000	0,25
zhloubení otvoru u				
Ø 18	12,56	12	3000	0,1
Ø 18	4	3,5	3000	1
vnitřní zhloubení				
15°	3	1,3	850	0,1
15°	3	1,3	850	0,1
zhloubení 15° u závitů				

M4	3	1,3	850	0,1
M5	3	1,3	850	0,1
řezání závitu				
M4	12,3	9	600	0,7
M5	10	7	500	0,8
frézování označení kusu			2500	0,6
frézování čela u M4	147,28		2500	0,55

7.5.3 Použité nástroje

Použité nástroje a měřidla s cenou a životností řezných nástrojů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 7.4 Použité nástroje (15)

Název	Číselné označení	Výrobce	Cena [Kč]	Trvanlivost [počet kusů]
Frézovací hydraulický přípravek – dílenská sestava			500 000	
Fréza Ø16 TK	EM817160	Grumant	800	1000
Vrták Ø17 HPD	D4542170	Grumant	780	700
Navrtávák Ø122 HSS			100	800
Vrták Ø3,3 HPD	D4541033	Grumant	250	700
Závitník M4 EH	0570058	Fraisa	180	1000
Tyč hrub Ø17,7	177187 6D	Grumant	1900	
Vrták Ø4,2 HPD	D4541042	Grumant	250	700
Závitník M5 EH	0570084	Fraisa	180	1000

Destička WPMT	040204-SQNX2525		350/10ks	200
Tyč Ø18	ST16-MB 16x140E	Iscar	2000	
Destička CCGT	030202 – AS IC20		350/10ks	200
Fréza kotoučová Ø17 HSS			850	1000
Vrták Ø6,7 HPD	D4541067	Grumant	310	700
Vrták Ø7 HPD	D4541070	Grumant	310	700
Výškoměr			800	
ZEISS (na střediskové kontrole)				
Válečkový kalibr 18,04+0,4			500	
Závitový kalibr M4-6H			1000	
Závitový kalibr M5-6H			1000	
Posuvné měřítko			600	

Po uplynutí životnosti nástroje následuje broušení. Kvůli úspoře času má obsluha CNC stroje k dispozici naostřené nástroje dřív, než zjistí otupení. Díky tomu je čas na výměnu nástroje a následné seřízení dán na 10 sec/kus. Ostření nástroje je provedeno za 10 min, což nezasahuje do celkového výrobního času zkoumané součástky, proto je z našeho hlediska nevýznamné.(15)

7.5.4 Strojní časy

V následující tabulce jsou uvedeny strojní časy pro jednotlivé operace

Tab. 7.5 Strojní časy pro jednotlivé operace

vrtání děr	t _{AS} [min]
Ø18	0,1979
Ø17,7	0,4350

Ø17	0,1979
Ø3,3	0,0427
Ø4,2	0,0189
Ø6,7	0,0240
Ø7	0,0600
navrtávání děr	
pro M4	0,0080
pro M5	0,0048
pro Ø7	0,0060
zhloubení otvoru	
Ø18	0,0419
Ø18	0,0013
vnitřní zhloubení	
4x15°	0,1412
řezání závitu	
M4	0,0293
M5	0,0250
frézování	
označení kusu	0,1200
čelo u M4	0,2678

Po přičtení času na výměnu nástroje, což je 0,05 min na jeden nástroj a po sjednocení operací náležející na jednu obráběnou plochu je uspořádání času uvedeno v tabulce 7.6.

Tab. 7.6 Výsledné časy obrábění

operace	[min]
M4	0,3152
M5	0,2840
Ø18	1,1013
Ø7	0,3253
zhloubení Ø25	0,1364
frézování	
označení kusu	0,1700
čelo u M4	0,3178
suma	2,6500

Výsledný strojní jednotkový čas je tedy $t_{Ai}=2,65$ min

Nominální jednotkový čas výroby obrobku je složen:

1. Strojní jednotkový čas
2. Čas na výměnu a seřízení nástrojů
3. Čas na upnutí obrobku

Ad1)

Strojní jednotkový čas byl vypočítán na 2,65 min

Ad2)

Čas na výměnu a seřízení nástrojů, převážně destiček, je po uplynutí trvanlivosti dána na 10 sec/kus. Za tuto dobu se vymění otupený nástroj za nový a proběhne i jeho nastavení. Tento čas se ale do strojního času nezapočítává. Započítává se pouze do plánování kapacity

Ad3)

Čas na upnutí obrobku je při použití hydraulické upínací stavebnice 1 min na 8 obrobků. CNC stroj ale má dva upínací držáky, což umožňuje, aby se upínání provádělo za běhu stroje. Potom čas na upnutí obrobků je pouze 5 sec, protože za takovou dobu se otočí rameno s upínacím přípravkem do požadované polohy. Díky hydraulickému upínací je možné upnout rychle obrobky, stejnou upínací silou. Omezí se také vliv obsluhy na upnutí a ustavení obrobku. Oproti mechanickému upínání je tento způsob rychlejší a přesnější

Výsledný nutný normovatelný čas výrobního zařízení je potom dán součtem výše zmíněných časů.

Nutný normovatelný čas - bez započítané výměny nástrojů

$$t_{ACi} = 2,65 + 0 + 0,08 = 2,73 \text{ min}$$

Nutný normovatelný čas – s výměnou nástrojů (pro kapacitní plánování)

$$t_{ACi} = 2,65 + 0,17 + 0,08 = 2,9 \text{ min}$$

Dávkový čas je složen z nastavení všech 13 nástrojů na začátku směny a z prvního upnutí.

Čas na seřízení a spuštění stroje...je dán na 3,6 hodin za týden.

V nepřetržitém provozu to dělá na směnu 10,32 min

Dávkový čas s přírážkou času směnového je $t_{BCi} = 10,32$ min

Minimální dávka při využití těchto časů na jeden stroj je:

$$d_{vMIN} = \frac{t_{BCi}}{k \cdot t_{ACi}} = \frac{10,32}{0,03 \cdot 2,9} = 118,6 \text{ ks} \Rightarrow 119 \text{ ks}$$

Na dva stroje vychází d_{vMIN} na 238 ks. Tento výsledek odpovídá aktuální výrobě.

Časový fond

$$F_{ef} = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Z}{100}\right) = 253 \cdot 7,5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,85 = 9677,3$$

$d = 253$ dní

$h = 7,5$ hod

$\sigma = 3$ směny

$g = 2$ pracoviště

využití pracovní doby...85%

Pracnost operace

$$t_i = \frac{t_{ACi}}{60} + \frac{t_{BCi}}{60 \cdot d_v} = \frac{2,9}{60} + \frac{10,32}{60 \cdot 138} = 0,05 \frac{\text{N hod}}{\text{ks}} = 3 \frac{\text{N min}}{\text{ks}}$$

$t_{ACi} = 2,9$ min

$t_{BCi} = 10,32$ min

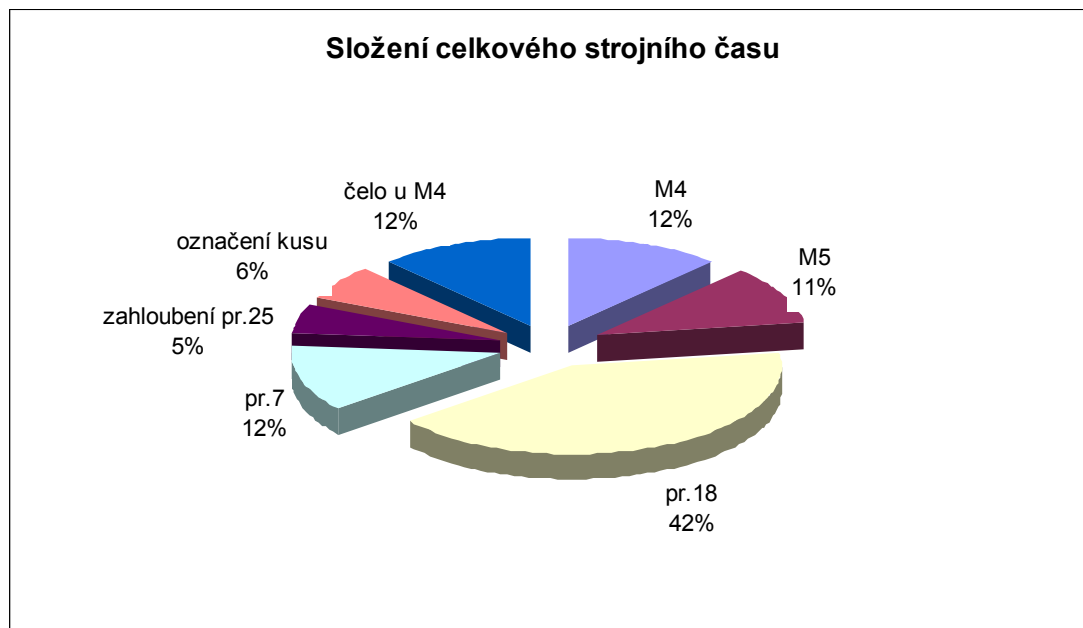
Stanovení Výrobní kapacity pracoviště

$$K_i = \frac{F_{ef}}{t_i} = \frac{9677,3}{0,05} = 193545 \text{ ks}$$

$F_{ef} = 9677,3$

$t_i = 0,05 \text{ N hod/ks}$

7.6 Vyhodnocení strojních časů



Graf 7.1 Složení strojního času

Jak vyplývá z grafu 7.1 má na velikosti celkového strojního času největší podíl tyto operace:

1. Vrtání průměru 18,
2. Vrtání průměru 7,
3. Řezání M4,
4. Řezání M5.

Tyto body se budu snažit optimalizovat a dostat tak kratší strojní časy u těchto operací.

8 OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ

Optimalizací řezných podmínek se budu zabývat u vrtání průměru 18 a 7 mm. Tuto optimalizaci provedu pomocí Lineárního programování.

Koeficienty pro výpočet konstant pro slévarenskou slitinu hliníku s obrobitelností 11d jsou uvedeny v tabulce 8.1.

Tab. 8.1 Hodnoty konstant a exponentů pro výpočet řezných parametrů při vrtání (17)

Obrobitelnost 11d		Dopočítané konstanty	
Hodnoty konstant a exponentu		C_{Fc}	580
a	0,065	x_M	1,9
b	0,521		
c_{vc}	25,14	Příkon stroje P_{ef} [kW]	
x_{vc}	0,45	P_{ef}	31
y_{vc}	0,6		
1/m	0,15	Strojní časy [min]	
m	6,67	t_{AX}	0,8
c_M	145	t_{A11}	0,05
x_{Fc}	0,9		
y_{Fc}	0,8		
c_{Fx}	605		
x_{Ff}	1		
y_{Ff}	0,7		
ε	1,83		
ξ	2,07		
K	4		
Rm	240		
Re	140		
c_{Ff}	380		
H	0,85		
Nm	32		
$v_{C_{MIN}}$	40m/min		
$v_{C_{MAX}}$	80m/min		

8.1 Optimalizace řezných podmínek pro průměr 18 mm

Tab. 8.2 rozměry vrtáku u Ø18

D	18 mm
lo	110 mm

Tab. 8.3 Vypočtené konstanty B_i pro $\varnothing 18$ mm

B_{1a}	4,280982107
B_{1b}	4,220961261
B_2	5,524979303
B_3	1,130717317
B_3	2,830731083
B_4	3,532877329
B_5	2,849857838
B_6	3,150887834
B_7	1,466910332

8.1.1 Výsledky LP pro průměr 18

Kriterium minimálních nákladů

Omezující podmínky

Full-Screen Simplex Procedure

MAX:	1.0	X1+1.0	X2+0.0	X3+0.0	X4+0.0	X5+0.0	X6+0.0	X7
s.t.								
1	1.0	.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 4.2810
2	1.0	.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 5.5250
3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 1.1307
4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	> 3.5329
5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	> 2.8499
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 3.1509
7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 1.4669

Výsledek řešení

Celý výpočet je v příloze č.5

Z výpočtu jsou výsledky pro výpočet otáček a posuvu:

log $n = 3,1509$ log $100.f = 1,1307$

Otáčky vřetene:

 $n_{opt} = 1415 \text{ min}^{-1}$

Posuv vrtáku:

 $f_{opt} = 0,135 \text{ mm/ot}$

Kritérium maximální výrobnosti***Omezující podmínky***

Full-Screen Simplex Procedure

	MAX:	1.0	X1+1.0	X2+0.0	X3+0.0	X4+0.0	X5+0.0	X6+0.0	X7
s.t.									
1	1.0	.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	4.2210
2	1.0	.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	5.5250
3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	1.1307
4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	>	3.5329
5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	>	2.8499
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	3.1509
7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	1.4669

Výsledek řešení

Celý výpočet je v příloze č.6

Z výpočtu jsou výsledky pro výpočet otáček a posuvu:

$\log n = 3,1509$

$\log 100.f = 1,1307$

Otáčky vřetene:

$n_{opt} = 1415 \text{ min}^{-1}$

Posuv vrtáku:

$f_{opt} = 0,135 \text{ mm/ot}$

Výsledné hodnoty řezných podmínek vyšly menší, než je nyní při obrábění používáno. Případná změna aktuálních řezných podmínek na vypočtené by znamenalo prodloužení strojního času. Tento fakt je nepřijatelný z hlediska zkrácení strojního času, proto se stávající řezné podmínky měnit nebudou. Vhodnost stávajících řezných podmínek je ověřena zkušebním provozem.

8.2 Optimalizace řezných podmínek pro průměr 7 mm

Tab. 8.4 Velikost vrtáku u Ø7 mm

D	7 mm
lo	47 mm

Tab. 8.5 Vypočtené konstanty B_i pro $\varnothing 7$ mm

B_{1a}	4,326878012
B_{1b}	4,446391487
B_2	6,304310787
B_3	0,566727428
B_3	2,127968596
B_4	2,616783248
B_5	3,260032303
B_6	3,561062299
B_7	1,253209435

8.2.1 Výsledky LP pro průměr 7:

Kritérium minimálních nákladů

Omezující podmínky

Full-Screen Simplex Procedure

MAX:	1.0	X1+1.0	X2+0.0	X3+0.0	X4+0.0	X5+0.0	X6+0.0	X7
s.t.								
1	1.0	.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 4.3269
2	1.0	.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 6.3043
3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 2.1280
4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	> 2.6168
5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	> 3.2600
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 3.5611
7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 1.2532

Výsledek řešení

Celý výpočet je v příloze č.7

Z výpočtu jsou výsledky pro výpočet otáček a posuvu:

$$\log n = 3.5611$$

$$\log 100.f = 1,2532$$

Otáčky vřetene:

$$n_{\text{opt}} = 3639 \text{ min}^{-1}$$

Posuv vrtáku:

$$f_{\text{opt}} = 0,179 \text{ mm/ot}$$

Kritérium maximální výrobnosti***Omezující podmínky***

Full-Screen Simplex Procedure

MAX:	1.0	X1+1.0	X2+0.0	X3+0.0	X4+0.0	X5+0.0	X6+0.0	X7	
s.t.									
1	1.0	.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	4.4464
2	1.0	.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	6.3043
3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	2.1280
4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	>	2.6168
5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	>	3.2600
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	3.5611
7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<	1.2532

Výsledek řešení

Celý výpočet je v příloze č.7

Z výpočtu jsou výsledky pro výpočet otáček a posuvu:

$\log n = 3,5611$

$\log 100.f = 1,2532$

Otáčky vřetene:

$n_{opt} = 3639 \text{ min}^{-1}$

Posuv vrtáku:

$f_{opt} = 0,179 \text{ mm/ot}$

Výsledné řezné hodnoty vyšly větší než je používáno v aktuálním stavu.

Proto tyto nové hodnoty zavedu do výroby a tím zmenším obráběcí čas průměru 7 mm.

8.3 Optimalizace výroby závitů

Ke zkrácení strojního času na výrobu závitů dojde pomocí použití nového nástroje. Jedná se o nástroj firmy Komet group. Jedná se o závitovou frézu, která je schopna udělat tyto operace:

1. vyvrtání díry
2. sražení hrany
3. vyřezání závitu



Obr. 8.1 Závitové frézy

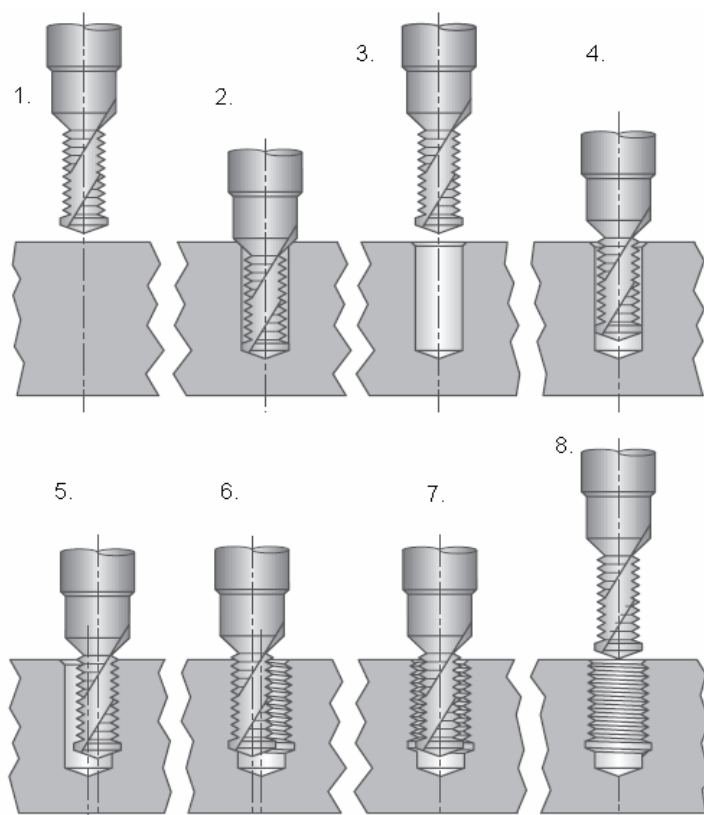
Jelikož se jedná o jeden nástroj, odpadne tak čas na výměnu nástroje, který byl u původních 4 nástrojů:

- navrtávák,
- vrták,
- závitová fréza,
- frézka na sražení hrany.

Další úspora času bude v tom, že tento nástroj umožňuje vysokorychlostní obrábění. Proto tedy díky vysokými řeznými rychlostmi docílíme zkrácení strojního času.

Postup práce závitové frézy je patrný z obrázku 8.1. Je složen ze tří základních kroků:

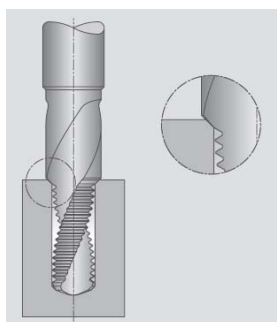
1. Vyvrtání díry
2. Sražení hrany
3. Řezání závitu



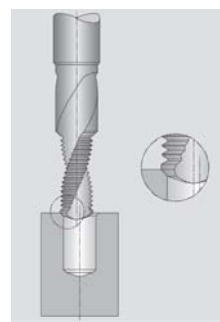
Obr. 8.2 Postup práce závitovou frézou(18)

Sražení hrany lze provést dvěma způsoby:

1. sražení pomocí vrtací části
2. sražení horní částí

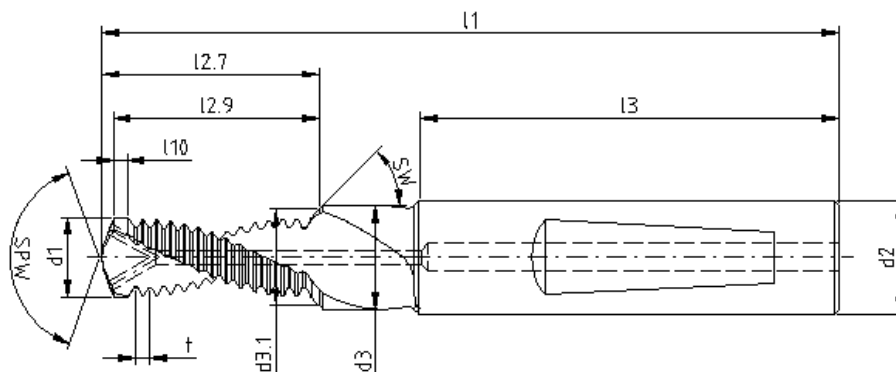


br. 8.3 Sražení hrany horní částí(18)



Obr. 8.4 Sražení vrtací částí(18)

V našem případě se bude jednat o sražení hrany horní částí frézy.



Obr. 8.4 Fréza(19)

8.3.1 Volba nástroje pro závit M4

Tab.8.5 Fréza pro M4 (19)

Parametr	
Označení	BGF M4 2,5D
Objednací číslo	80941001000015
Číslo výkresu	80941001000015.01
Povlak	lesklý
Celková délka l1	49 mm
Vrtací část d1	3.3 mm
Těleso - forma	DIN-6535-HE
Průměr dřívku d2	6 mm
Délka dřívku l3	36 mm
Množství žlábkování	2
IK	Ano
Zaoblené ostří	Ne
E-Rozměr e	0.411 mm
G-Rozměr g	1.321 mm

Druh závitu	M
Označení	M4
Jmenovitý průměr	4 mm
Stoupání t	0.7 mm
Délka šroubovice	10.3 mm
Nes - délka	7.4 mm
L/D	2.5
Množství dělení	10
Nor - průtokoměr d3.1	4.3 mm
Úhel zahloubení SW	45°
Nor - délka	0 mm
Vrtná hloubka l2.9	11 mm
Vrtná hloubka, ostrý l2.7	11.4 mm

Tab. 8.6 Hodnoty řezných parametrů pro M4 (19)

Obrábění	Materiál
Závit: M4 délka=9.2 mm	7.4 Al-Slévárenská litina (Si < 12%), Mg-Leg. G-AlCu 4 Ti, 3.1841
Vrtání: Slepá díra, D=3.3 mm	
Zahloubení: Kuželový, D=4.3 mm, W=90.0°, hloubka =1 mm	

Nástroj	Hodnoty řezných podmínek
Značení: BGF M4 2,0D lesklý	Vc: 155.5 m/min n: 15000 ot/min
Fréza - poloměr: D1=1.589 mm	fs: 0.15 mm/ot Fs: 2250 mm/min
Excentricita: 0.41 mm	fb: 0.15 mm/ot Fb: 2250 mm/min
Čas obrábění: 2.9 s	fz1: 0.04 mm/závit Fz1: 1200 mm/min

Příklad CNC podprogramu, který se musí zavést do celkového CNC programu(19)

```

N5 G00 G53 G40 G60 G90 D0 Z+0.0000
N10 G80
N15 T1 M06
N20 G54 X+0.0000 Y+0.0000 M07
N25 Z+1.0000 D1 S15000 M03; ( NAVRTAT )
N30 G01 Z-0.5000 F1500; ( VRTÁNÍ )
N35 G01 Z-10.4250 F2250; ( NESOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ)
N40 G00 Z-9.1040
N45 G01 G91 G42 G64 X+0.0000 Y+1.5890 F1200 ; (F137)
N50 G02 X+0.0000 Y-3.5890 I+0.0000 J-1.7945 Z-0.1050
N55 G02 X+0.0000 Y+0.0000 I+0.0000 J+2.0000 Z-0.7000 ; (F247)
N60 G02 X+0.0000 Y+3.5890 I+0.0000 J+1.7945 Z-0.1050 F3000 ; (F344)
N65 G00 G40 G60 X+0.0000 Y-1.5890
N70 G00 G90 Z+1.0000
N75 G00 G53 G40 G90 D0 Z+0.0000 M95
N80 M30

```

8.3.2 Volba nástroje pro M5

Tab.8.7 Fréza pro M5(19)

Parametr	
Označení	BGF M5 1,5D
Objednací číslo	80945001000017
Číslo výkresu	80945001000017.01
Povlak	lesklý

Celková délka l1	52.6 mm
Vrtací část d1	4.2 mm
Těleso - forma	DIN-6535-HE
Průměr dříku d2	6 mm
Délka dříku l3	36 mm
Množství žlábkování	2
IK	Ano
Zaoblené ostří	Ne
E-Rozměr e	0.494 mm
G-Rozměr g	1.534 mm
Druh závitu	M
Označení	M5
Jmenovitý průměr	5 mm
Stoupání t	0.8 mm
Délka šroubovice	7.8 mm
Nes - délka	6.8 mm
L/D	1.56
Množství dělení	8
Nor - průtokoměr d3.1	5.3 mm
Úhel zahloubení SW	45°
Nor - délka	0 mm
Vrtná hloubka l2.9	8.6 mm
Vrtná hloubka, ostrý l2.7	9.2 mm

Tab. 8.8 Hodnoty řezných parametrů pro M5 (19)

Obrábění	Materiál
----------	----------

Závit: M5 Délka=7.5 mm Vrtání: Průchozí díra, D=4.2 mm Zahloubení: Kuželový, D=5.3 mm, W=90.0°, hloubka =1 mm	7.4 Al-Slévárenská litina (Si < 12%), Mg-Leg. G-AlCu 4 Ti, 3.1841
Nástroj Označení: BGF M5 1,5D lesklý Fréza - poloměr: D1=2.006 mm Excentricita: 0.49 mm Čas obrábění: 2.8 s	Hodnoty řezných podmínek Vc 197.9 m/min n: 15000 ot/mir fs: 0.2 mm/ot Fs: 3000 mm/mi fb: 0.2 mm/ot Fb: 3000 mm/mi fz' 0.05 mm/závit Fz' 1500 mm/mi

Příklad CNC podprogramu, který se musí zavést do celkového CNC programu(19)

```

N5 G00 G53 G40 G60 G90 D0 Z+0.0000
N10 G80
N15 T1 M06
N20 G54 X+0.0000 Y+0.0000 M07
N25 Z+1.0000 D1 S15000 M03; ( VRTÁNÍ )
N30 G01 Z-10.2460 F3000; ( NESOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ)
N35 G00 Z-7.4350
N40 G01 G91 G42 G64 X+0.0000 Y+2.0060 F1500 ; (F164)
N45 G02 X+0.0000 Y-4.5060 I+0.0000 J-2.2530 Z-0.1200
N50 G02 X+0.0000 Y+0.0000 I+0.0000 J+2.5000 Z-0.8000 ; (F296)
N55 G02 X+0.0000 Y+4.5060 I+0.0000 J+2.2530 Z-0.1200 F3750 ; (F411)
N60 G00 G40 G60 X+0.0000 Y-2.0060
N65 G00 G90 Z+1.0000
N70 G00 G53 G40 G90 D0 Z+0.0000 M95
N75 M30

```

Pořizovací cena těchto dvou nástrojů je 6000 Kč.

Životnost nástroje je složena ze dvou částí:

1. vrtací část
2. závitová část

Životnost vrtací části je 1000 děr. Po opotřebení se dá dobře naostřit

Životnost závitové části je 3000 děr. Po opotřebení se dál nebrousí

8.4 Strojní časy po zavedení návrhu výroby

Tab.8.9 Nové strojní časy

	původní čas [min]	nový čas [min]
M4	0,3152	0,0983
M5	0,2840	0,0967
Ø18	1,1013	1,1624
Ø7	0,3253	0,2220

Podle tabulky 8.7 se strojní časy výrazně zkrátily u řezání závitů. Dále k menšímu zkrácení došlo u obrábění průměru 7mm. U obrábění průměru 18mm došlo při zavedení nových řezných podmínek k prodloužení strojního času. Toto je nežádoucí, proto navrhuji zanechat stávající řezné podmínky, které jsou odzkoušeny stávajícím provozem. Z hlediska kvality otvoru nebo životnosti nástroje nezpůsobují žádné problémy.

Tab.8.10 Nové řezné podmínky

	otáčky [1/min]	posuv [mm/ot]
Ø18	1000	250
Ø17,7	1000	100
Ø17	1000	250
Ø6,7	3600	250
Ø7	3600	179

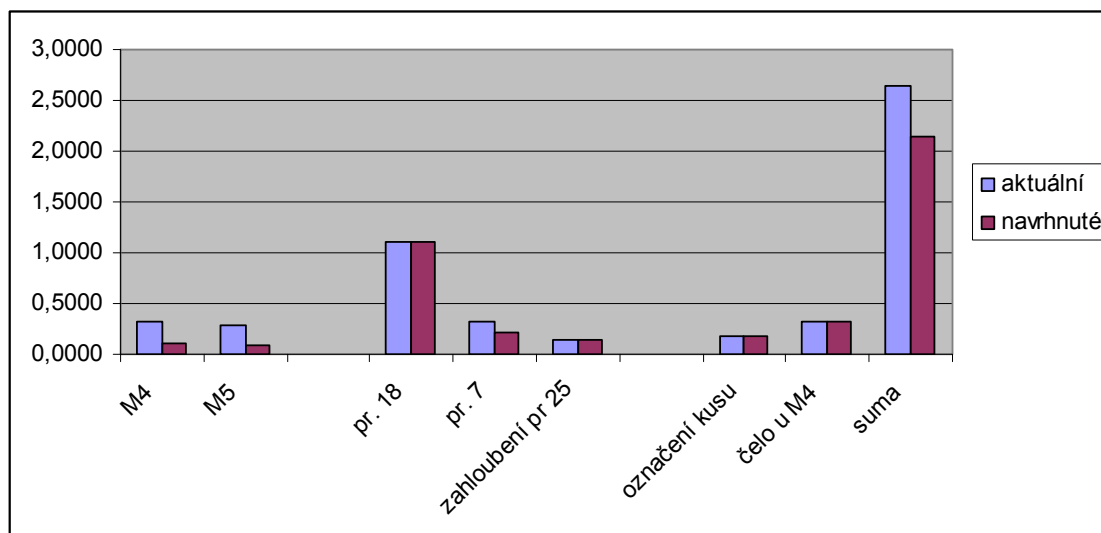
Délky posuvu zůstanou stejné jako jsou nyní. Výrobu závitů řeší CNC program vygenerovaný na stránkách výrobce nástroje.

Potom bude složení strojního následující:

Tab.8.11 Složení strojních časů

Výroba závitu	t_{Ai} [min]
M4	0,0983
M5	0,0967
Výroba děr	
Ø18	1,1013
Ø7	0,2220
Zahloubení Ø25	0,1364

Frézování	
Označení kusu	0,1700
Čelo u M4	0,3178
Suma	2,1425



Graf 8.1 Porovnání strojních časů

Strojní čas se z původních 2,65 minut zkrátil na 2,14 minut

8.5 Výpočet nové minimální výrobní dávky

Pro tento výpočet musíme ke strojnímu času připočítat čas na upnutí polotovaru (0,08 min) a čas na výměnu nástroje (0,17 minuty)

Celkový nutný normovatelný čas bude potom:

$$t_{ACi} = 2,14 + 0,17 + 0,08 = 2,39 \text{ min}$$

Dávkový čas je dán na 3,6 hod/týden, takže bude stejně dlouhý jako u aktuální výroby.

$$t_{BCi} = 10,32 \text{ min na jeden stroj za jednu směnu}$$

Minimální dávka při využití těchto časů na jeden stroj je:

$$d_{VMIN} = \frac{t_{BCi}}{k \cdot t_{ACi}} = \frac{10,32}{0,03 \cdot 2,39} = 143,9 \text{ ks} \Rightarrow 144 \text{ ks}$$

Výroba probíhá na dvou strojích, tedy se za jednu směnu vyrobí 288 kusů.

Za jeden den se tedy vyrobí 864 kusů

Výrobní dávka tedy naroste z původních 700 kusů za den na 864 kusů.

Vyrobí se tedy o 164 kusů víc.

Časový fond

$$F_{ef} = d \cdot h \cdot \sigma \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Z}{100}\right) = 253 \cdot 7,5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,85 = 9677,3$$

$d = 253$ dní

$h = 7,5$ hod

$\sigma = 3$ směny

$g = 2$ pracoviště

využití pracovní doby...85%

Pracnost operace

$$t_i = \frac{t_{ACi}}{60} + \frac{t_{BCi}}{60 \cdot d_v} = \frac{2,39}{60} + \frac{10,32}{60 \cdot 144} = 0,04 \frac{\text{N hod}}{\text{ks}} = 2,4 \frac{\text{N min}}{\text{ks}}$$

$t_{ACi} = 2,39$ min

$t_{BCi} = 10,32$ min

Stanovení Výrobní kapacity pracoviště

$$K_i = \frac{F_{ef}}{t_i} = \frac{9677,3}{0,04} = 241933 \text{ ks}$$

$F_{ef} = 9677,3$

$t_i = 0,04$ N hod/ks

Využití výrobní kapacity:

$$K_K = \frac{Q_s}{K} = \frac{218592}{241933} = 0,9$$

Bude-li se každý den vyrábět 864 kusů, bude potom výrobní kapacita pracoviště využita na 90%.

8.6 Hospodárnost voleného nářadí

úspora na mzdě

$$u_{\text{mzdy}} = m_1 \cdot \left(t_A' + \frac{t_B'}{d_{v1}} \right) - m_2 \cdot \left(t_A'' + \frac{t_B''}{d_{v2}} \right) = 56 \cdot \left(2,9 + \frac{10,32}{120} \right) - 56 \cdot \left(2,39 + \frac{10,32}{144} \right)$$

$$u_{\text{mzdy}} = 29,4 \text{ Kč/hod}$$

$$m_{1,2} = 56 \text{ Kč/hod}$$

$$d_{v1} = 120 \text{ ks}$$

$$d_{v2} = 144 \text{ ks}$$

$$t_A' = 2,9 \text{ min}$$

$$t_A'' = 2,39 \text{ min}$$

$$t_B' = 10,32 \text{ min}$$

$$t_B'' = 10,32 \text{ min}$$

úspora na mzdě seřizovače

$$u_{\text{seř}} = m_s \cdot \left(\frac{t_B'}{d_{v1}} - \frac{t_B''}{d_{v2}} \right) = 80 \cdot \left(\frac{10,32}{120} - \frac{10,32}{144} \right) = 1,15 \text{ Kč/hod}$$

$$m_s = 80 \text{ Kč/hod}$$

úspora na dílenské režii

$$u_{\text{dr}} = (u_{\text{mzdy}} + u_{\text{seř}}) \cdot R = (29,4 + 1,15) \cdot 0,8 = 24,4 \text{ Kč/hod}$$

$$R = 0,8$$

$$u = u_{\text{mzdy}} + u_{\text{seř}} + u_{\text{dr}} = 29,4 + 1,15 + 24,4 = 54,9 \text{ Kč/hod}$$

Hospodářská účinnost voleného nářadí

$$\eta = \frac{U_c}{C_p} = \frac{u \cdot X - k \cdot C_p}{C_p} = \frac{54,9 \cdot 3000 - 0,3 \cdot 12000}{12000} = 13,425$$

C_p ...na výrobu jedné součásti je zapotřebí pořídit dva nástroje. Jeden stojí 6 000 Kč, tedy celkové náklady budou činit 12 000 Kč

k...koeficient oprav, který nabývá hodnoty 0,2-0,4

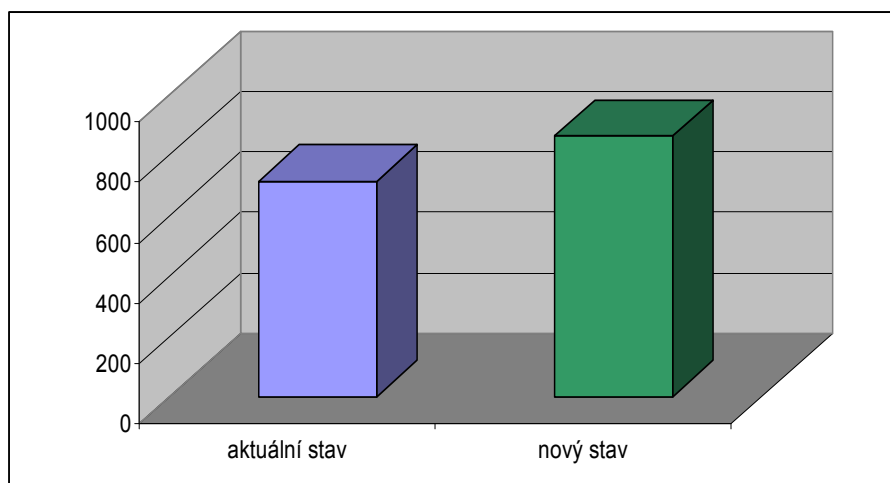
K úspoře je nutné ještě započítat úsporu vzniklou tím, že se nebudou kupovat stávající nástroje. To činí dohromady 860 Kč. Tato úspora je vztažena na počet obrobených kusů, které se dají danýma nástroji obrobit

8.7 Porovnání aktuálního a nového stavu

Porovnání výrobních dávek

Tab.8.12 Porovnání výrobních dávek

	výrobní dávka d_v [ks/den]
aktuální stav	714
nový stav	864

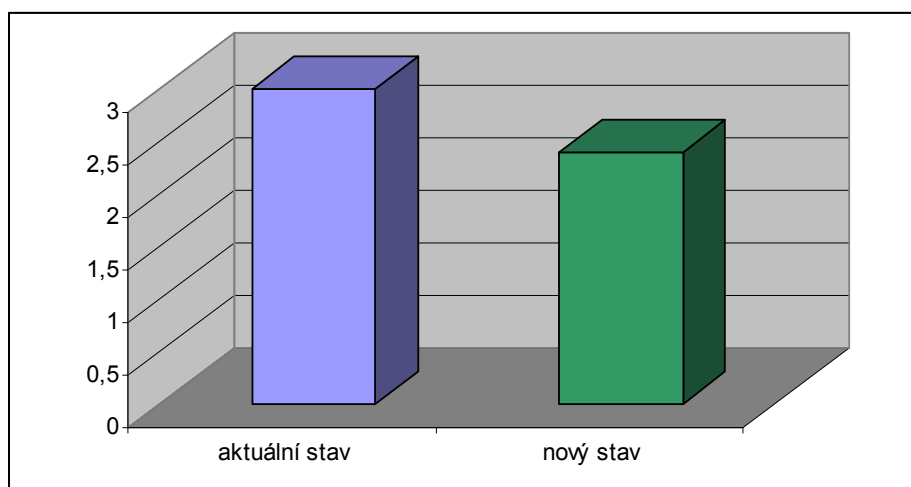


Graf 8.2 Porovnání výrobních dávek

Porovnání pracnosti součásti

Tab.8.13 Porovnání pracnosti

	pracnost t_i [Nmin/ks]
aktuální stav	3
nový stav	2,4

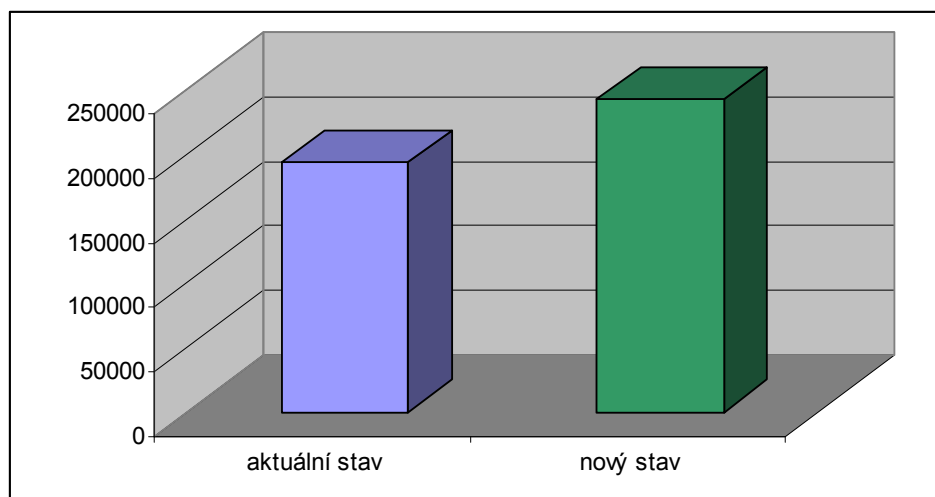


Graf 8.3 Porovnání pracnosti

Porovnání výrobní kapacity pracoviště

Tab.8.14 Porovnání výrobní kapacity pracoviště

	Výrobní kapacita K_i [ks]
aktuální stav	193545
nový stav	241933



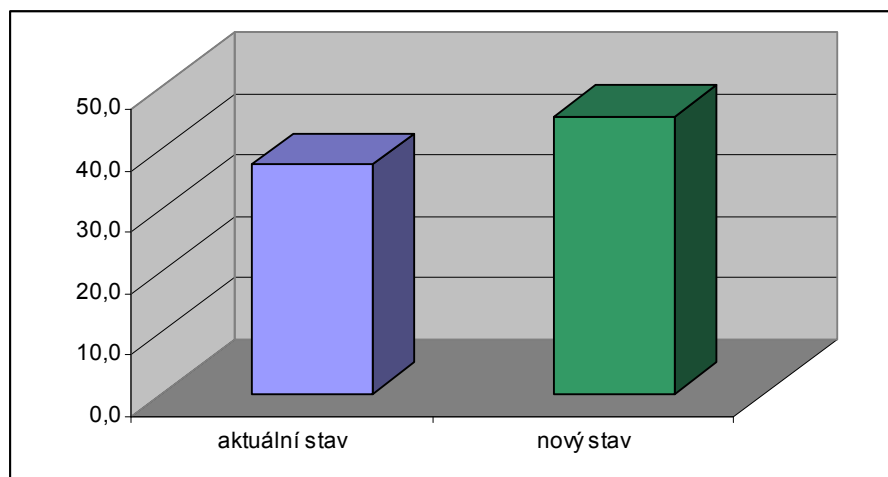
Graf 8.4 Porovnání kapacity pracoviště

Porovnání produktivity práce

Pracnost operace udává poměr mezi výstupem a vstupem. V našem případě bude jako výstup sloužit počet obrobených součástí za 1 den a za vstup poslouží čistá pracovní doba za 1 den.

Tab. 8.15 Porovnání produktivity práce

	vstup čistá prac. doba za den	výstup ks/den	produktivita práce [ks/hod]
aktuální stav	19,125	714	37,3
nový stav	19,125	864	45,2



Graf 8.5 Porovnání produktivity práce

ZÁVĚR

Podle zadání diplomové práce se mělo dosáhnout zkrácení strojního normovatelného času, zmenšení pracnosti, navýšení kapacity pracoviště a vznik úspor ve výrobě a na mzdách. Toto vše se dosáhlo.

Pomocí lineárního programování se dosáhlo u průměru 7mm zkrácení času z původních 0,32 min na 0,22 minuty. U průměru 18 mm se zkrácení nepovedlo, z důvodu již nastavených řezných podmínek, které by po úpravě znamenali prodloužení strojního času. Tyto podmínky jsou již vyzkoušeny praxí, proto není důvod je měnit.

Použitím nových nástrojů pro obrábění závitů se zkrátily strojní časy:

- závit M4 z původních 0,32 min na 0,099 min
- závit M5 z původních 0,28 min na 0,097 min

Výsledný strojní normovatelný obráběcí čas se tak zkrátí z 2,9 min na 2,39min.

Výrobní dávka se tak navýšila z původní 714 ks/den na nových 864 ks/den.

Pracnost klesla z 3 Nmin na 2,4 Nmin a produktivita práce se zvedla o 7,9 kusů za hodinu.

Kapacita pracoviště vzrostla z původních 193545 ks na 241933 ks.

Úspory ve výrobě jsou 54,9 Kč/hod, k tomu se ještě přidá úspora 860 Kč, které byly před tím potřeba na nákup nástrojů. Hospodářská účinnost je 13,43.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Výpis z obchodního rejstříku*. [online]. [cit. 2007-10-23].
URL: <<http://www.justice.cz>>.
2. *Monitor 01/02 2007*. [online]. [cit.2007-10-24].
URL: < http://www.motorjikov.cz/?c=25&set_lang=cs>
3. *Motor Jikov*. [online]. [cit.2007-23-10].
URL: <<http://www.motorjikov.cz>>
4. NĚMEČEK, Petr. *Podnikový management: 2.díl*, druhé vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 91s. ISBN 80-214-3212-8.
5. *Monitor 03/04 2007*. [online]. [cit.2007-10-24].
URL: < http://www.motorjikov.cz/?c=25&set_lang=cs>
6. *Monitor 05/06 2007*. [online]. [cit.2007-10-24].
URL: <http://www.motorjikov.cz/?c=25&set_lang=cs>
7. CHIRON. *CNC Machining center FZ 12 W AND FZ 12W MAGNUM SERIES*. CHIRON. Germany. 1944/E3/10.03/A/TD
8. HECKERT. Hyundai HIT 8. [online]. [cit.2007-10-30].
URL: <http://cncworking.cz/hit8_technicke_parametry.htm>
9. HEC Series, HEC 400 D Machining centers. Starragheckert. Germany. Tisknuto v Německu. 07/07-006/V
10. MICHNA, Štefan a kol. *Encyklopedie hliníku*.první vyd. Prešov: Adin , 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
11. KOCMAN Karel. *Speciální technologie obrábění*. 3. přepracované a doplněné vydání. Vysoké učení technické Brno, naklad. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM s.r.o. Brno, leden 2004, , 227 s. ISBN 80-214-2562-8
12. MOTOR JIKOV. *Porovnání A380 versus AC46000*. Soběslav. 2006
13. JUROVÁ Marie. *Řízení výroby I*, vyd. Vysoké učení technické Brno, naklad. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM s.r.o., únor 2006, 2. přepracované a doplněné vydání, 138 s, ISBN 80-214-3134-2
14. *Kolektivní smlouva Motor Jikov a.s.*, platná od 1.1.2008, České Budějovice
15. *Operační návodka pro obrábění Konzola ELE.*, Motor Jikov Soběslav, 14.7.2007
16. JUROVÁ Marie. *Řízení výroby*, [přednáška z 11.4.08]. Management výroby

17. Karel Kocman. [konzultace 2.4.2008]
18. KOMET GROUP, *katalog nástrojů*, tisknuto v Německu, 2006
19. *KOMET JEL*. Precision Tools .[online]. [cit.22.3.2008]
URL: <<https://mytpt.org/TPT/tptFrame.jsp>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
T_{opt}	min	Optimální trvanlivost
l	mm	Délka obráběcí plochy
L	mm	Celková délka, kdy je zapnut posuv
B	Kč/břit	Náklady na použití jednoho břitu
E	Kč/hod	Náklady na 1 hodinu práce stroje
t_{AX}	min	Čas na výměnu a seřízení nástroje
n	1/min	Otáčky
f	mm/ot	Posuv
D	mm	Maximální průměr vrtáku
P_{ef}	kW	Užitečný výkon na vřetení
R_m	MPa	Mez pevnosti materiálu
R_e	MPa	Mez kluzu materiálu
K	-	součinitel bezpečnosti
ε	-	opravný součinitel, uvažující vliv stoupání šroubovice
l_o	mm	vysunutá délka vrtáku
ξ	-	součinitel, určující vliv skutečného průřezu vrtáku
N_m	1/hod	požadovaný počet děr za hodinu
t_{A11}	min	čas jednotkové práce za klidu
η	-	využití času směny
F_{ef}	-	Efektivní časový fond
d	den	počet pracovních dnů v roce
h	hod	počet pracovních hodin za jednu směnu
σ	-	směnnost
g	-	počet vzájemně změnitelných pracovišť
z	%	% nevyhnutelných časových ztrát
t_i	Nmin	pracnost operace
t_{ACi}	min	čas jednotkové práce s přírážkou času směnového na i-tém pracovišti
t_{BCi}	min	čas dávkové práce s přírážkou času směnového na i-tém pracovišti
d_v	ks	velikost výrobní dávky v kusech
K_i	ks	kapacita i-tého pracoviště vyjádřena v naturálních jednotkách
K_K	-	koeficient celkového využití výrobní kapacity
Q_s	ks	skutečný objem výroby
U_c	Kč	úspory na výrobních nákladech, které vzniknou porovnáním dosavadní technologie s voleným nářadím
C_p	Kč	náklady na pořízení nářadí
u	Kč	hrubá úspora, dosažitelná z titulu provedení dané technologie voleným nářadím na jednu součást
X	ks	plánovaný počet komponent, jež mají být vyrobeny voleným nářadím
u_{mat}	Kč	úspora materiálu na jednu součást při použití

u_{mzdy}	Kč	voleného nářadí úspora na mzdě výrobního dělníka nebo operátora
$u_{seř}$	Kč	úspora na mzdě seřizovače
u_{dr}	Kč	úspora dílenské režie
m_i	Kč	mzdový tarif
R	-	součinitel dílenské režie
η	-	Hospodářská účinnost voleného nářadí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výpis z obchodního rejstříku
Příloha 2	Kontrolní návodka
Příloha 3	Výpočet optimálních řezných podmínek pro průměr 18 mm
Příloha 4	Výpočet optimálních řezných podmínek pro průměr 7 mm
Příloha 5	Výsledek řešení pro průměr 18, kritérium minimálních nákladů
Příloha 6	Výsledek řešení pro průměr 18, kritérium maximální výrobnosti
Příloha 7	Výsledek řešení pro průměr 7, kritérium minimálních nákladů
Příloha 8	Výsledek řešení pro průměr 7, kritérium maximální výrobnosti
Příloha 9	Náčrt obráběcí návodky 1/2
Příloha 10	Náčrt obráběcí návodky 2/2