



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

## ZAKÁZKOVÁ VÝROBA SOUČÁSTÍ NA CNC STROJÍCH

CUSTOM PRODUCTION OF PARTS ON CNC MACHINES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Fabuš

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2025

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav managementu  
Student: **Lukáš Fabuš**  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2024/25  
Studijní program: Procesní management

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

## Zakázková výroba součástí na CNC strojích

### Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod  
Cíl a metodika bakalářské práce  
Teoretická východiska  
Analýza stávajícího stavu (objednávka od zákazníka)  
Charakteristika CNC strojů  
Sestavení výrobního procesu (hlavní a náhradní varianta)  
Technologická data z výrobního procesu  
Možnosti expedice výrobku k zákazníkovi  
Technicko–ekonomické zhodnocení  
Závěr  
Seznam použitých zdrojů  
Přílohy

### Cíle, kterých má být dosaženo:

Studie vycházející z výrobních podmínek strojírenské firmy. Na toto navazuje návrh a rozbor výroby pro konkrétního zákazníka. Jsou řešeny 2 varianty.

### Základní literární prameny:

JUROVÁ, M. Organizace přípravy výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 100 s. ISBN 978-80-214-3946-7.

KARPÍŠEK, Z. Matematika IV: Statistika a pravděpodobnost. 3. vyd. Olomučany: CERM, s. r. o., 2007. 170 s. ISBN 978-80-241-3380-9.

PÍŠKA, M. et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

SUCHY, I. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně dne 9.2.2025

L. S.

---

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.  
garant

---

prof. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Bakalárska práca sa zaoberá porovnaním dvoch technologických variant výroby otočného spínača z hliníkovej zliatiny. Prvá varianta predstavuje tradičný spôsob výroby s použitím základných strojov a nízkym stupňom automatizácie. Druhá varianta využíva moderné technológie ako vysokorýchlostné obrábanie, vákuové upínanie a automatizovanú kontrolu kvality.

## **Abstract**

This bachelor thesis focuses on the comparison of two technological variants for the production of a rotary switch made from aluminum alloy. The first variant represents a traditional manufacturing approach using basic machinery and a low level of automation. The second variant applies modern technologies such as high-speed machining, vacuum clamping, and automated quality control.

## **Klíčová slova**

zákazková výroba, CNC obrábanie, výrobný proces, NC programovanie, porovnanie technológií

## **Key words**

custom manufacturing, CNC machining, production process, NC programming, technology comparison

### **Bibliografická citácia**

FABUŠ, Lukáš. *Zakázková výroba součástí na CNC strojích* [online]. Brno, 2025 [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/165859>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 18. 5. 2025

---

Lukáš Fabuš

autor

## **Pod'akovanie**

Rád by som poďakoval vedúcemu mojej bakalárskej práce, Ing. Kalivodovi, za odborné vedenie, cenné rady a ochotu, ktorú prejavil počas spracovania záverečnej práce.

# OBSAH

ÚVOD.....	7
VYMEDZENIE PROBLÉMU A CIELE PRÁCE .....	8
1 TEORETICKÉ VÝCHODISKA PRÁCE .....	9
1.1 Príprava výroby.....	9
1.1.1 Manažment prípravy výroby.....	10
1.1.2 Normatívy prípravy výroby .....	12
1.2 Objednávka .....	13
1.3 Charakteristika výrobných procesov .....	14
1.3.1 Technologický postup výroby .....	14
1.3.2 Technológia obrábania.....	15
1.4 Logistika .....	18
1.4.1 Doprava a preprava .....	18
1.5 Technicko-ekonomické dáta .....	21
2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU .....	23
2.1 Objednávka od zákazníka .....	23
2.2 Súčiastka zadaná zákazníkom.....	24
2.2.1 Charakteristika súčiastky .....	24
3 VLASTNÉ NÁVRHY RIEŠENIA .....	26
3.1 Výrobný proces.....	26
3.1.1 Výrobný proces prvej varianty .....	27
3.1.2 Výrobný proces druhej varianty .....	27
3.2 Technologický postup výroby pre obe varianty .....	28
3.2.1 Charakteristika CNC strojov.....	28
3.2.2 Návrh technologických postupov .....	31
3.2.3 Možnosti expedície výrobkov.....	37

3.3	Technologické dáta z výrobného procesu.....	39
3.4	Technicko-ekonomické zhodnotenie .....	42
3.4.1	Varianta 1 .....	42
3.4.2	Varianta 2.....	44
3.4.3	Porovnanie variant .....	45
	ZÁVER .....	48
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....	49
	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	51
	ZOZNAM TABULIEK .....	52
	ZOZNAM PRÍLOH.....	53
	PRÍLOHY .....	I

# ÚVOD

V súčasnosti sa priemyselná výroba, najmä v oblasti strojárstva, dynamicky rozvíja a čelí čoraz vyšším nárokom na presnosť, kvalitu, rýchlosť aj ekonomickú efektívnosť. Firmy sú nútené hľadať nielen spoľahlivé, ale aj cenovo dostupné riešenia, ktoré im umožnia udržať si konkurencieschopnosť na trhu. V takomto prostredí zohráva významnú úlohu aj spôsob výroby konkrétneho produktu – výber technológie, výrobného postupu či typu zariadenia môže rozhodujúcim spôsobom ovplyvniť konečný výsledok.

V tejto bakalárskej práci sa zameriavam na porovnanie dvoch výrobných variant, ktorými môže byť realizovaná výroba zákazkovej súčiastky – otočného spínača z hliníkovej zliatiny. Prvá varianta využíva tradičné technológie s nižším stupňom automatizácie, zatiaľ čo druhá stavia na moderných metódach ako delenie vodným lúčom, vákuové upínanie či vysokorýchlostné CNC obrábanie.

Obe výrobné varianty sú hodnotené z viacerých aspektov – technického, časového, ekonomického aj organizačného. Okrem samotného technologického postupu je analyzovaný aj výber strojov, počet a kvalifikácia pracovníkov, spotreba energie a spôsob expedície hotových výrobkov. Cieľom práce je nielen poukázať na rozdiely medzi tradičným a moderným prístupom, ale aj identifikovať, ktorý z nich sa javí ako výhodnejší pre konkrétny typ zákazkovej výroby.

## VYMEDZENIE PROBLÉMU A CIELE PRÁCE

V oblasti zákazkovej výroby býva často potrebné rozhodnúť, aký výrobný postup zvoliť tak, aby bola výroba efektívna, cenovo prijateľná a zároveň technicky realizovateľná. Riešený problém sa týka porovnania dvoch rôznych prístupov k výrobe rotačnej súčiastky – tradičného a moderného. V praxi často vzniká neistota, či sa oplatí investovať do pokročilejších technológií, alebo či je postačujúce zotrvať pri klasických riešeniach.

V tejto bakalárskej práci je preto posúdená efektivita dvoch výrobných variant otočného spínača z hliníkovej zliatiny.

Hlavný cieľom práce bolo zistiť, ktorá z dvoch riešených výrobných variant je výhodnejšia z hľadiska celkových nákladov, časovej náročnosti a kvality výsledného výrobku

Medzi dielčie ciele patrí:

- navrhnutie technologických postupov pre obe varianty,
- výber vhodných CNC strojov a ich technická charakteristika,
- vytvorenie a rozbor NC programu,
- výpočet materiálových, energetických a mzdových nákladov,
- posúdenie spôsobu expedície a porovnanie logistických nákladov,
- vypracovanie ekonomického hodnotenia a výpočet jednotkovej ceny,
- analýza personálnych požiadaviek a časovej náročnosti výroby.

Spracované návrhy sú orientované na reálne podmienky výroby a ich cieľom je poskytnúť praktické poznatky využiteľné vo výrobnej praxi.

# 1 TEORETICKÉ VÝCHODISKA PRÁCE

## 1.1 Príprava výroby

Pod pojmom príprava výroby rozumieme súbor technickoekonomických činností v podniku, ktorých cieľom je navrhnuť efektívne riešenie výrobku, jeho spôsoby výroby, jeho organizáciu a potrebného technického vybavenia. Výsledné riešenie, spracované vo forme technickoekonomickej dokumentácie, má zabezpečiť konkurencieschopnosť výrobku a zároveň efektívnosť celého procesu prípravy výroby, samotnej výroby aj následného používania výrobkov. Príprava výroby sa pritom musí zamerať na zabezpečenie vysokej kvality výrobkov a ich rýchle zavedenie do sériovej výroby. Úroveň nového výrobku aj navrhovanej výroby je nevyhnutné priebežne overovať prostredníctvom testovania modelov, prototypov a výrobou overovacej série.(Jurová, 2015)

Úlohou prípravy výroby je v najmä navrhnuť a skonštruovať výrobok tak, aby mal požadovaný vzhľad, technické parametre, použitý vhodný materiál a funkčné vlastnosti. Následne je potrebné určiť spôsob výroby, montáže, testovania, kontroly a balenia výrobku, definovať zariadenia, náradie, potrebné profície a kvalifikáciu pracovníkov, technicko-hospodárske normy, ako aj spôsob manipulácie s výrobkom a jeho prevádzku. Ďalej je potrebné zabezpečiť výrobu jednocelových strojov a špeciálneho náradia, ako sú modely, nástroje, prípravky a formy. Príprava výroby zahŕňa aj tvorbu programov pre NC, CNC alebo DNC stroje. Súčasťou je taktiež návrh optimálneho organizačného usporiadania výrobného procesu z vecného, priestorového aj časového hľadiska.(Jurová, 2015)

Činnosti súvisiace s návrhom výrobku a výberom materiálov spadajú pod konštrukčnú a materiálovú prípravu výroby. Činnosti spojené s prípravou technológie, výrobou zariadení a programovaním strojov patria pod technologickú, materiálovú a metalurgickú prípravu. Zabezpečenie organizácie výrobného procesu je súčasťou prípravy výroby v prípade nových výrobkov alebo organizačnej prípravy pri inovovaní existujúcich produktov.(Jurová, 2015)

Výsledkom činností spojených s návrhom, technológiou, programovaním a organizáciou je technická dokumentácia. Výstupom výroby špeciálnych zariadení a

náradia sú samotné fyzické produkty určené pre novú výrobu. Overovacím stupňom návrhu výrobku je výroba a testovanie funkčných vzoriek a prototypov, zatiaľ čo overovanie technologických a organizačných riešení prebieha na základe výroby overovacej série.(Jurová, 2015)

Príprava výroby nemusí vždy prebiehať v plnom rozsahu, napríklad v prípade výroby na základe licencie. Význam a úlohy prípravy výroby sú zreteľné aj zo schém znázorňujúcich špirálu logistickej životnosti výrobku, ktorá zachytáva podnikové procesy pri premene materiálu na finálny produkt spĺňajúci očakávania budúcich užívateľov.(Jurová, 2015)

Príprava výroby určuje parametre a priebeh všetkých nadväzujúcich výrobných činností, pričom vychádza z predchádzajúcich krokov, ako je výskum trhu a potrieb zákazníkov. Na začiatku procesu prípravy výroby by mala stáť určitá forma "objednávky" od vedenia podniku, vychádzajúca z trhovej situácie a podnikateľského zámeru. Táto objednávka má definovať cieľový trh, štruktúru zákazníkov a požadované technické a ekonomické parametre výrobku, ktorým sa musí prispôbiť celé rozhodovanie a plánovanie v rámci prípravy výroby.(Jurová, 2015)

### **1.1.1 Manažment prípravy výroby**

Manažment prípravy výroby má za úlohu kvalifikovane dopracovať podnikateľské zámery do konkrétnej projektovej, konštrukčnej, technologickej a inej dokumentácie, podľa ktorej sa bude samotná výroba realizovať. Význam prípravy výroby možno nájsť v dvoch hlavných smeroch – vplyv prípravy výroby na hmotné výsledky výrobného procesu, najmä na úžitkové, funkčné a kvalitatívne parametre produkcie, kde je úroveň prípravy výroby stále rozhodujúcim činiteľom, a zároveň vplyv na hodnotovú stránku výrobného procesu, teda na jeho ekonomické ukazovatele, rentabilitu a celkovú hospodárnosť.(Euroekonóm, 2022)

Proces prípravy výroby pozostáva z viacerých vzájomne prepojených krokov. Začína sa prognostickou prípravou výroby, ktorej ťažisko spočíva v predikcii parametrov nových výrobkov a technológií, vrátane ich technických, prevádzkových vlastností, dizajnových riešení a ekologických požiadaviek. Zároveň zahŕňa aj prognózovanie potrieb novej výroby na základe poznania budúcich potrieb a dostupných zdrojov. Nasleduje komerčná príprava výroby, zameraná na marketingové analýzy domácich a

zahraničných trhov, s dôrazom na odborné analýzy potrieb zákazníkov a konkurencie.(Euroekonóm, 2022)

Dôležitou súčasťou je ekonomické zadanie prípravy výroby, ktoré smeruje činnosti k tvorbe výrobkov ekonomicky úspešných, pričom zohráva aj motivačnú úlohu. Súčasťou ekonomického zadania sú cenové limity, rozpočty nákladov, kalkulácie, normatívy spotreby času, materiálov a energií, ako aj komerčné a ekologické štúdie. Projektová príprava následne transformuje výsledky predchádzajúcich etáp do konkrétnych projektov a dokumentácie, pričom proces zahŕňa sústreďovanie informácií, koncepčné návrhy, tvorbu projektovej dokumentácie a kompletizačné práce.(Euroekonóm, 2022)

Konštrukčná príprava sa zameriava na návrh samotného výrobku vrátane jeho tvaru, funkcie, výkonu a rozmerov. Jej cieľom je zabezpečiť parametre kvality výrobku pri súčasnej optimalizácii jeho efektívnosti. Technologická príprava určuje spôsoby realizácie výrobných operácií, výber nástrojov a tvorbu technologických postupov, pričom významne ovplyvňuje kvalitu výrobku i samotného výrobného procesu. Obsahom technologickej prípravy sú technologické postupy, montážne schémy, príprava náradia, tvorba noriem a kalkulácií, ako aj technologický projekt výroby.(Euroekonóm, 2022)

Materiálová príprava sa venuje výberu vhodného materiálu, určeniu spotreby, organizácii zásobovania a zabezpečeniu skladovania a výdaja materiálu. Súčasťou je aj príprava výrobnotechnickej základne, ktorá zabezpečí podmienky na výrobu novej produkcie. Organizácia prípravy výroby spája všetky čiastkové časti do jednotného systému a využíva poznatky organizačnej analýzy na vybudovanie efektívnej prípravy a zavádzania výroby.(Euroekonóm, 2022)

Časová príprava výroby sa zaoberá plánovaním priebehu jednotlivých etáp v čase, formulovaním cieľov, rozčlenením prípravy na menšie etapy, určovaním ich náročnosti a trvania a plánovaním ich nadväznosti. Na základe analýzy sa určujú konkrétne termíny začatia a ukončenia etáp. Hodnotenie prípravy výroby poskytuje spätnú väzbu o dosiahnutej úrovni a efektívnosti prípravy v porovnaní s pôvodným ekonomickým zadáním a využíva metódy ako analýzu prácnosti, nákladovú analýzu a funkčno-nákladové hodnotenie.(Euroekonóm, 2022)

Príprava realizácie prípravy výroby zahŕňa kroky potrebné na samotné spustenie výroby. Zmenové riadenie zabezpečuje aktualizáciu dokumentácie podľa výsledkov overovania skúšobnej výroby tak, aby boli vytvorené platné podklady pre sériovú výrobu

a riadenie výrobných procesov. Sieťová analýza predstavuje systémový prístup k organizácii prípravy výroby, pričom využíva metódy CPM (kritickej cesty) a PERT (hodnotenia a preskúšania programu) na optimálne plánovanie a riadenie prepojených činností. Sieťové grafy zobrazujú logickú nadväznosť činností a umožňujú identifikáciu kritických ciest v príprave výroby.(Euroekonóm, 2022)

Napokon, moderný manažment prípravy výroby čoraz viac využíva automatizáciu, ktorá sa uplatňuje pri plánovaní, konštrukčnej aj technologickej príprave, pri modelovaní procesov, organizovaní projektovej prípravy a v rámci zmenového riadenia. Automatizácia výrazne prispieva k urýchleniu celého procesu, zvýšeniu presnosti a efektivity prípravy výroby.(Euroekonóm, 2022)

### **1.1.2 Normatívy prípravy výroby**

Normatívy prípravy výroby predstavujú kvantitatívne ukazovatele vzťahujúce sa na zvolenú plánovaciu jednotku (napríklad súčiastku, geometrickú časť dielca, počet kótovacích čiar a podobne) pri určitých technicko-organizačných podmienkach tvorby prípravy výroby. Prostredníctvom týchto normatívov sa prenášajú skúsenosti a údaje z prípravy podobných výrobkov na nové produkty. Normatívy slúžia na plánovanie, riadenie a kontrolu priebehu prípravy výroby.(Jurová, 2015)

Normatívy prípravy výroby možno členiť z viacerých hľadísk:

#### **Podľa úrovne podrobnosti:**

Elementárne normatívy – detailne rozpracované na jednotlivé činnosti.

Globálne normatívy – zahŕňajú širšie súbory činností.

#### **Podľa oblasti použitia:**

Normatívy pre konštrukčnú prípravu výroby,

Normatívy pre technologicke prípravu výroby,

Normatívy pre prípravu a výrobu špeciálneho náradia a strojov,

Normatívy pre prípravu a výrobu modelov.

#### **Podľa vecného zamerania:**

Normatívy množstva – určujú kvantitatívne parametre nového výrobku, napríklad počet súčiastok.

Normatívy pracnosti – určujú množstvo času potrebného na realizáciu jednotlivých činností, napríklad na vyhotovenie konštrukčného výkresu.

Normatívy nákladov – slúžia na výpočet nákladov spojených s činnosťami prípravy výroby, ako je napríklad vypracovanie technicko-organizačného projektu.(Jurová, 2015)

## 1.2 Objednávka

Objednávka je obchodný dokument, ktorý môže plniť funkciu zmluvy a slúži ako oficiálny základ pre požiadanie o dodanie tovaru alebo služieb. Tento dokument je záväzný a potvrdzuje žiadosť o dodanie tovaru alebo služieb v určenom množstve, kvalite a za podmienok uvedených v objednávke. Hoci zákon nepredpisuje konkrétnu formu objednávky, mala by vyhovovať požiadavkám Obchodného zákonníka, pretože ide o právne záväzný obchodný dokument. Objednávka by mala obsahovať identifikáciu zmluvných strán:

- Odberateľ a Dodávateľ, vrátane obchodného mena, sídla, IČO, DIČ, registračných čísel a právnej formy právnickej osoby.
- Ak ide o fyzickú osobu, uvádzajú sa meno, priezvisko a adresa, pričom právna forma sa neuvádza.

Ďalej musí objednávka obsahovať:

- Podrobný popis objednávaného tovaru alebo služby (merná jednotka, cena za jednotku, počet kusov, celková cena),
- Podmienky dodávky (dátum a spôsob dodania),
- A ďalšie relevantné informácie.

Dôležité je objednávky nielen archivovať, ale aj priložiť k faktúram. Často sa stáva, že po dodaní tovaru alebo služby podnikatelia objednávku zahodia, čo je však chyba. Uchovávaním objednávok a ich pripojením k faktúram zvyšujete dôveryhodnosť a preukázateľnosť v účtovníctve.(Encyklopediapoznania, 2020)

### **1.3 Charakteristika výrobných procesov**

Definícia výrobného procesu: Výrobný proces predstavuje sériu postupných krokov, ktoré vedú od surovín k vytvoreniu konečného výrobku. Tento proces zahŕňa rôzne fázy spracovania, montáže a kontroly, ktoré majú za cieľ dosiahnuť vysokú kvalitu výsledného produktu. (Ekonomická encyklopédia, 2023)

#### **1.3.1 Technologický postup výroby**

Vypracovanie technologických postupov je veľmi rozmanité a ani výrobné postupy pre rovnakú súčiastku nemusia, byť v rôznych dielňach toho istého závodu totožné. Tento rozdiel je spôsobený množstvom faktorov, ktoré ovplyvňujú samotnú tvorbu technologických postupov. Prácu technológa je možné výrazne uľahčiť využitím organizačných nástrojov, pomôcok a predchádzajúcich skúseností. Okrem toho je možné zostaviť súbor pravidiel a odporúčaní, ktoré slúžia ako vzory pri vytváraní nových technologických postupov. Tieto pravidlá sú vždy špecifické pre konkrétny podnik alebo závod a odrážajú jeho individuálne podmienky. (Doležal, *n.d.*)

#### **Štúdium výrobných výkresov**

Prvým krokom je dôkladná analýza výrobných výkresov. Technológ musí venovať pozornosť tvarom súčiastok, rozmerom, toleranciam, požiadavkám na kvalitu povrchu, poznámkam týkajúcim sa tepelného spracovania a povrchovej úpravy. Tento proces umožňuje vytvoriť si jasnú predstavu o požiadavkách na výrobu a o poradí výrobných operácií. (Doležal, *n.d.*)

#### **Kontrola údajov stanovených konštruktérom**

Dôležitou časťou prípravy je aj overenie vhodnosti zvoleného materiálu z hľadiska technologických požiadaviek. V prípade potreby sa určujú technologické prídavky na obrábanie alebo sa stanoví veľkosť polotovaru. Pri kritických súčiastkach sa môže vyžadovať aj materiálková skúška. (Doležal, *n.d.*)

#### **Určenie základnej plochy**

Technológ určuje referenčnú plochu (základňu), ku ktorej sa budú vzťahovať ďalšie operácie, aby sa zabezpečila správna orientácia a presnosť (kolmost', rovnobežnosť, súososť a podobne). (Doležal, *n.d.*)

#### **Stanovenie sledu operácií**

V tejto fáze technológ definuje, aké operácie sa budú vykonávať a v akom poradí. Do postupu sa zaraďujú aj operácie ako hrubovanie, dokončovacie práce, tepelné spracovanie, povrchová úprava, ako aj potrebné zámočnicke práce a kontroly kvality.(Doležal, *n.d.*)

### **Popis jednotlivých operácií**

Každá operácia by mala byť popísaná stručne, jasne a jednoznačne. Popis obsahuje informácie o postupe vykonania práce, požadovaných prídavkoch na obrábanie a ďalšie špecifiká. V hromadnej a veľkosériovej výrobe sa operácie členia až na úseky či jednotlivé úkony. V texte sa preferuje používanie slovíec v neurčitku, čo zabezpečuje stručnosť a presnosť vyjadrovania (napr. sústružiť, brúsiť, vŕtať, pilovať).(Doležal, *n.d.*)

### **Stanovenie pracovísk a výrobných strojov**

Technológ určuje, na akom pracovisku a na akom zariadení bude operácia realizovaná. Stroje a pracoviská sa zvyčajne identifikujú pomocou číselného systému podľa klasifikácie výrobných zariadení.(Doležal, *n.d.*)

### **Práca v kooperácii**

V prípade, že niektoré výrobné operácie presahujú možnosti závodu, zabezpečí sa ich realizácia v kooperujúcich podnikoch.(Doležal, *n.d.*)

### **Výber výrobných pomôcok**

Na základe znalostí o technologickom procese sa určujú výrobné pomôcky a prípravky, ktoré sa použijú pri jednotlivých operáciách – či už štandardné, alebo špeciálne.(Doležal, *n.d.*)

### **Zostavenie technologického postupu**

Výsledným krokom je samotné spísanie technologického postupu podľa pravidiel a štandardov daného závodu. Pri tvorbe nových postupov sa niekedy vychádza zo vzorových alebo typových technologických postupov pre podobné súčiastky.(Doležal, *n.d.*)

## **1.3.2 Technológia obrábania**

Technológia obrábania predstavuje jednu zo základných oblastí strojárskej výroby, ktorej cieľom je vytváranie požadovaných tvarov, rozmerov a kvality povrchu obrobkov prostredníctvom odoberania materiálu z polotovaru. Medzi najčastejšie využívané

spôsoby obrábania patrí sústruženie, frézovanie, vŕtanie, vystužovanie či brúsenie. Výber konkrétneho spôsobu závisí od tvarovej náročnosti súčiastky, požadovanej presnosti, vlastností obrábaného materiálu a technologických možností výroby.(Doležal, *n.d.*)

### **1.3.2.1 Frézovanie**

Podľa polohy osi nástroja voči obrábanej ploche sa frézovanie delí na niekoľko typov. Pri valcovom frézovaní dochádza k obrábaniu obvodom nástroja, pričom os frézy je rovnobežná s obrábanou plochou. Hĺbka rezu sa v tomto prípade nastavuje v rovine kolmej na os nástroja. Naopak, čelné frézovanie prebieha čelom nástroja, kde je os frézy kolmá na obrábanú plochu, a hĺbka rezu sa určuje v smere osi nástroja. Špecifickým prípadom je okružné frézovanie, ktoré sa využíva pri obrábaní rotačných obrobkov pomocou obvodu rotačného nástroja. Pri tomto spôsobe frézovania sú osi nástroja a obrobku zvyčajne vzájomne sklonené a hĺbka rezu sa nastavuje v smere kolmého na os obrobku.(Geleta, 2020)

Podľa polohy osy nástroja k obrábanej ploche sa rozlišuje frézovanie: obvodom nástroja - valcové frézovanie, ktorého os obrábania je rovnobežná s obrábanou plochou; hĺbka rezu sa nastavuje v rovine kolmej na os frézy; čelom nástroja - čelné frézovanie, ktorého os je kolmá na obrábanú plochu; hĺbka rezu sa nastavuje v smere osi nástroja; obvodom rotačného nástroja obrobku takisto rotačného tvaru - okružné frézovanie; osi nástroja i obrobku sú obvykle vzájomne sklonené a hĺbka rezu sa nastavuje v smere kolmom na os obrobku.(Geleta, 2020)

Frézy sú nástroje určené na frézovanie a vyznačujú sa viacerými reznými hranami, pričom ich geometria je presne definovaná. Podľa rôznych kritérií ich delíme na viaceré typy. Z hľadiska plôch, na ktorých sa nachádzajú rezné hrany, rozlišujeme frézy valcové, kužeľové, čelné a tvarové. Podľa počtu zubov v pomere k priemeru frézy rozlišujeme frézy jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Ďalším kritériom je priebeh reznej hrany – frézy môžu mať zuby s priamymi reznými hranami, so špirálovými (skrutkovicovými) reznými hranami alebo so striedavým sklonom rezných hrán. Podľa spôsobu upínania na stroji sa frézy delia na stopkové, ktoré sa upínajú pomocou drieku, a nástrčné, ktoré sa nasadzujú na trň. Z hľadiska zmyslu otáčania, pri pohľade od vretenníka, rozlišujeme frézy pravorezné a ľavorezné.(Geleta, 2020)

Základné typy frézovacích nástrojov

### 1.3.2.2 HSC (*High Speed Cutting*)

Za priekopníka vysokorýchlostného obrábania (HSC – High Speed Cutting) je považovaný Carl Salomon, ktorý si v roku 1931 nechal patentovať využitie vysokých rezných rýchlostí pri obrábaní. Vo svojej teórii predpokladal, že pri týchto rýchlostiach dochádza k tranzitnému deformačnému správaniu materiálu, pričom očakával vznik krehkého lomu a zníženie energetickej náročnosti potrebnej na tvorbu triesky. Tieto predpoklady sa však dlhodobo nepodarilo experimentálne potvrdiť. Naopak, charakteristickým znakom HSC sa ukázal byť výskyt extrémne vysokých teplôt v oblasti rezu, ktoré vznikajú v dôsledku adiabatickej deformácie materiálu. (Píška, 2009)

V súčasnosti predstavuje vysokorýchlostné trieskové obrábanie (HSC) výraznú výzvu pre konštrukciu obrábacích strojov, použitie nástrojov aj ich CNC riadenie. Pri porovnaní s konvenčnými technológiami frézovania dosahujú rezné nástroje pri HSC približne päť- až desaťnásobne vyššie rezné rýchlosti. Takéto extrémne pracovné podmienky spôsobujú výrazné zvýšenie pôsobenia odstredivých síl a vedú k vyššiemu dynamickému zaťaženiu nástrojov aj samotného stroja (Píška, 2009)

Metóda vysokorýchlostného obrábania (HSC) prispieva nielen k zvyšovaniu efektivity samotného procesu trieskového obrábania, ale zároveň podporuje prechod k ekologickejšim technológiám, ako je suché alebo kvázisuché obrábanie. Tieto alternatívy sa snažia minimalizovať používanie chladiacich a mazacích médií, ktoré sú z pohľadu prevádzkových nákladov aj environmentálneho dopadu významnou položkou. Pre ilustráciu – pri klasickom zaplavovacom chladení môže prietok procesnej kvapaliny dosahovať až 12 000 litrov za hodinu, čo predstavuje značné finančné zaťaženie. Podľa niektorých štúdií tvoria v automobilovom priemysle strojné, materiálové a personálne náklady približne 80 % z celkových nákladov na obrábanie, zatiaľ čo náklady na rezné kvapaliny predstavujú približne 16 % a náklady na samotné nástroje približne 4 %.

(Píška, 2009)

V súčasnej praxi sa pri aplikácii rezných nástrojov bežne používajú poval'kované nástroje zo slinutého karbidu (SK) a cermetov, ktoré sa osvedčili aj pri vysokorýchlostnom obrábaní ocelí. Pri obrábaní nekovových materiálov sa ako vhodný rezný materiál uplatňuje polykryštalický diamant, vďaka svojej extrémnej tvrdosti a odolnosti. Na obrábanie liatin a kalených ocelí sa často využíva polykryštalický kubický

nitrid bóru (PCBN), pričom pre samotné liatiny je možné efektívne použiť aj keramické nástroje. Hlavným kritériom pri výbere materiálu rezného nástroja je vždy jeho schopnosť zabezpečiť požadovanú tvrdosť v celom rozsahu pracovných teplôt a zároveň dostatočnú chemickú odolnosť voči difúznym procesom počas obrábania..(Píška, 2009)

## 1.4 Logistika

*„Logistika je disciplína, ktorá sa zaoberá celkovou optimalizáciou, koordináciou a synchronizáciou všetkých činností, ktorých reťazce sú nevyhnutné na pružné a hospodárne dosiahnutie daného konečného (synergického) efektu. Hodnotné technické dáta z výrobného procesu.“*(Pernica, 1994)

V užšom zmysle si logistiku spájame hlavne s činnosťami ako je výroba, zásobovanie a doprava. Ide o tok materiálu od surovín až po spracovaný výrobok, ktorý je dopravený ku konečnému zákazníkovi.(Oudová, 2016)

Pojmy „logistika“ a „doprava“ sa často zamieňajú, pretože logistické firmy vykonávajú veľa dopravných činností a doprava je s logistikou úzko prepojená. Napriek tomu nie je správne zamieňať logistiku s dopravou, pretože doprava je iba jednou časťou širšieho logistického procesu.(Oudová, 2016)

### 1.4.1 Doprava a preprava

**Doprava** zahŕňa všetky účelné činnosti a technické zariadenia, ktoré umožňujú pohyb dopravných prostriedkov po cestách a premiestňovanie materiálu, výrobkov a tovaru. Nielen samotné vozidlá, ale aj všetky technické prostriedky, ktoré tento pohyb zabezpečujú, patria pod pojem doprava.(Oudová, 2016)

Hlavnou funkciou dopravy je presun materiálov, výrobkov a tovaru. Okrem tejto hlavnej úlohy však doprava plní aj rôzne doplnkové funkcie, ktoré súvisia s celkovým presunom nákladu.(Oudová, 2016)

**Preprava** je konkrétna činnosť v rámci dopravy, pri ktorej dochádza k premiestňovaniu osôb alebo tovaru pomocou dopravných prostriedkov. Okrem samotného pohybu tovaru sem patrí aj manipulácia pomocou rôznych technických zariadení, ako sú palety či prepravné regály.(Oudová, 2016)

Prepravný proces sa delí na päť fáz: prípravné práce, nakládku, samotnú prepravu, vykládku a ukončovacie práce. Niekedy sa pojem doprava chápe len ako samotný pohyb

dopravných prostriedkov, zatiaľ čo preprava zahŕňa širší proces vrátane manipulácie s nákladom a všetkých súvisiacich činností.(Oudová, 2016)

Dopravca je ten, kto prevádzkuje dopravu, často aj vlastní dopravné prostriedky. Prepravca je zákazník, ktorý si objednáva prepravu tovaru a s dopravcom si dohodne podmienky a cenu za túto službu.(Oudová, 2016)

#### **1.4.1.1 Železničná nákladná doprava**

Železničná nákladná doprava ponúka rôzne služby, ako je preprava jednotlivých vozových zásielok, expresná preprava, preprava veľkých množstiev tovaru, ale aj logistické služby, vlečkové služby a colné služby. V určitých prípadoch je možné prepravovať aj špeciálny tovar, napríklad nebezpečné látky, živé zvieratá alebo tovar podliehajúci skaze, pričom platia špeciálne legislatívne obmedzenia.(Antoš, 2019)

**Prepravný proces** zahŕňa:

- objednanie prepravy a preverenie možnosti jej uskutočnenia,
- výber vhodného vozňa na daný typ tovaru,
- pristavenie vozidla na miesto nakládky,
- zabalenie, upevnenie a označenie nákladu podľa pravidiel,
- dodržiavanie všetkých právnych predpisov počas prepravy,
- samotnú prepravu zásielky, vrátane riešenia zmien alebo problémov počas prepravy,
- ukončenie prepravy odovzdaním zásielky príjemcovi,
- vyloženie zásielky, čistenie a prípadnú dezinfekciu vozňa, ktoré zabezpečuje príjemca.(Antoš, 2019)

#### **1.4.1.2 Preprava v rámci cestnej nákladnej dopravy**

Technológia cestnej nákladnej dopravy zabezpečuje efektívne usporiadanie všetkých prvkov prepravného procesu, ktorého hlavným cieľom je doprava zásielok od odosielateľa k príjemcovi prostredníctvom cestnej dopravy. V rámci cestnej nákladnej dopravy rozlišujeme tri základné druhy zásielok.(Antoš, 2019)

Prvým typom sú vozové zásielky, pri ktorých si zákazník objedná celú kapacitu nákladného vozidla. Nakládka aj vykládka sa uskutočňujú vždy na jednom konkrétnom

mieste u odosielateľa a príjemcu. Druhou kategóriou sú príkladkové zásielky, čo sú zásielky prepravované spolu s iným nákladom alebo počas jazd, ktoré by inak prebiehali bez nákladu. Tretím typom sú kusové zásielky, ktoré nespĺňajú podmienky pre vozové zásielky ani príkladky a preto sa na ich prepravu vzťahujú osobitné podmienky.(Antoš, 2019)

Každá preprava musí byť krytá príslušnými dokumentmi. Prepravná zmluva môže byť jednorazová alebo dlhodobá, ak sa preprava medzi rovnakými miestami opakuje. Dôležitým dokumentom je prepravná listina, ktorá sprevádza zásielku počas celej cesty a obsahuje údaje o zásielke, odosielateľovi, príjemcovi a dopravcovi. Odosielateľ nesie zodpovednosť za správnosť všetkých uvedených informácií. V cestnej nákladnej doprave sa ako štandard používa nákladný list CMR, predovšetkým pri medzinárodnej preprave. V prípade niektorých druhov zásielok sú potrebné aj ďalšie sprievodné doklady, napríklad veterinárne osvedčenie pri preprave živých zvierat.(Antoš, 2019)

Osobitnú pozornosť si vyžadujú zásielky, ktoré podliehajú zvláštnym prepravným podmienkam. Ich charakteristika ovplyvňuje nielen samotný priebeh prepravy, ale aj prípravné operácie. Pre takéto zásielky existujú osobitné technologické postupy a platia na ne aj medzinárodné dohody. Medzi tieto zásielky patrí preprava nebezpečných vecí podľa dohody ADR, rýchlo sa kaziaceho tovaru podľa dohody ATP, nadrozmerného nákladu a živých zvierat, pri ktorých treba dodržiavať špecifické predpisy a zabezpečiť vhodné podmienky pre ich bezpečný a spoľahlivý presun.(Antoš, 2019)

#### ***1.4.1.3 Preprava nákladu v rámci leteckej dopravy***

Preprava nákladu v rámci leteckej dopravy prebieha rôznymi spôsobmi. Najčastejšie ide o dopravu nákladu ako doplnkovú službu na bežných linkových letoch, kde lietadlá prepravujú predovšetkým cestujúcich, ich batožinu a poštu. Okrem toho existujú aj pravidelné nákladné lety, ktoré obsluhujú špeciálne veľkokapacitné nákladné lietadlá. Ak je to potrebné, využíva sa aj tzv. charterová preprava, teda prenájom celého nákladného lietadla na konkrétnu zásielku, čo je ideálne napríklad pri preprave živých zvierat alebo v prípade urgentných zásielok počas živelných pohrôm. Náklad môže byť prepravovaný voľne ložený, uložený v špeciálnych leteckých kontajneroch alebo na leteckých paletách, prípadne kombináciou týchto spôsobov.(Antoš, 2019)

Aby bolo možné zásielku letecky prepraviť, musí odosielateľ súhlasiť s podmienkami leteckej spoločnosti (napríklad podľa pravidiel IATA). Tovar musí byť správne zabalený a vybavený všetkými potrebnými dokumentmi. Ak ide o zásielky špeciálneho charakteru, ako sú napríklad nebezpečné látky alebo živé zvieratá, musia spĺňať aj prísne špecifické požiadavky. Preprava zároveň nesmie porušovať žiadne predpisy alebo zákony krajín, cez ktoré zásielka prechádza. Po kontrole tovaru pracovník dopravcu určí správny tarif a vystaví letecký nákladný list (AWB), ktorý je základným dokumentom v leteckej nákladnej doprave.(Antoš, 2019)

Letecký nákladný list má viacero funkcií – je dôkazom o uzatvorení prepravnej zmluvy, slúži ako potvrdenie o prevzatí zásielky, faktúra, doklad o zaplatení poisťného aj colné vyhlásenie. AWB sa vystavuje v troch origináloch: pre dopravcu, odosielateľa a príjemcu, pričom kópie dostávajú ďalšie zúčastnené strany.(Antoš, 2019)

Výpočet cien za prepravu upravuje dokument The Air Cargo Tariff (TACT). Ten presne určuje, aké sadzby platia za kilogram tovaru alebo stanovuje minimálne paušálne sadzby. Líšia sa podľa druhu tovaru – inak sa účtuje za bežné zásielky, inak za špeciálny tovar ako sú živé zvieratá, ceniny alebo tlačoviny. Okrem základného poplatku môžu byť účtované aj ďalšie poplatky, napríklad za colné odbavenie alebo za spracovanie dokumentov.(Antoš, 2019)

Veľká časť nákladu sa v letectve prepravuje pomocou špeciálnych leteckých kontajnerov a paliet (ULD). Kontajnery sú pevné schránky vyrobené z odolných materiálov, ktoré chránia tovar počas letu. Palety predstavujú jednoduchšie riešenie – tovar je uložený na ploche a zaistený sieťou, aby bol počas prepravy stabilný. Pri oboch systémoch sa preprava riadi tzv. „Pivot weight“ – hmotnostným limitom stanoveným tarifom.(Antoš, 2019)

## **1.5 Technicko-ekonomické dáta**

Technické a ekonomické dáta zohrávajú v zákazkovej výrobe kľúčovú úlohu, pretože spájajú odborný pohľad na výrobný proces s hodnotením jeho hospodárnosti. Bez ich správneho spracovania by nebolo možné efektívne plánovať, riadiť a vyhodnocovať výrobu.(Manlig, 2014)

Technické dáta predstavujú súhrn všetkých informácií, ktoré presne popisujú vlastnosti výrobku a jeho výroby. V prípade zákazkovej výroby na CNC strojoch medzi ne patrí predovšetkým výkresová dokumentácia, CAD modely súčiastok a technologické postupy stanovujúce operácie, výber nástrojov a rezné podmienky. Neoddeliteľnou súčasťou sú aj programy pre CNC stroje (napr. G-kódy) a údaje o predpokladanej aj skutočnej časovej náročnosti výrobných operácií. Kontrolné protokoly z meraní zabezpečujú, že konečný výrobok spĺňa požadované technické špecifikácie.(Balog, 2017)

Správna evidencia technických dát je kľúčová pre plynulé fungovanie celej výroby. Technické informácie sa nielen vytvárajú, ale aj priebežne aktualizujú a uchovávajú v systémoch správy dát (napr. PDM alebo PLM systémy). Vďaka tomu majú všetci pracovníci v procese k dispozícii aktuálne a overené údaje, čo minimalizuje riziko výrobných chýb a zvyšuje celkovú produktivitu.(Manlig, 2014)

Ekonomické dáta dopĺňajú technické údaje o finančný rozmer výrobného procesu. Predstavujú všetky informácie, ktoré umožňujú vyhodnotiť náklady spojené s realizáciou zákazky, stanoviť predajnú cenu výrobku a určiť ziskovosť projektu. Medzi základné ekonomické ukazovatele patria náklady na materiál, pracovnú silu, spotrebu energie a režijné náklady. Do celkových nákladov sa započítavajú aj doprava, balenie výrobkov a náklady na odpisy výrobných zariadení.(Balog, 2017)

Tieto ekonomické údaje sú nevyhnutné pre správne kalkulovanie cien a hodnotenie úspešnosti jednotlivých zákaziek. V praxi sa spracúvajú v podnikových informačných systémoch, kde sa sleduje spotreba materiálu, výrobné časy aj náklady na jednotlivé operácie. Podnik tak dokáže presnejšie plánovať výrobu, optimalizovať procesy a zabezpečiť svoju dlhodobú udržateľnosť.(Manlig, 2014)

Technické a ekonomické dáta spolu vytvárajú komplexný obraz o každej zákazke. Ich dôkladné spracovanie umožňuje nielen vyrobiť kvalitný výrobok podľa požiadaviek zákazníka, ale aj efektívne riadiť náklady a dosahovať ekonomický úspech firmy.

## 2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

### 2.1 Objednávka od zákazníka

Spoločnosťou XYZ s.r.o. bola zadaná objednávka na výrobu a dodanie otočných spínačov u dodávateľa ABC s.r.o. Predmetom objednávky je 100 kusov otočných spínačov, ktoré majú byť vyrobené z hliníkovej zliatiny.

Výroba má prebiehať pomocou CNC frézy z hliníkového polotovaru vo forme valca s priemerom 50 mm a výškou 32 mm.

V objednávke je stanovený termín dodania do 19. 5. 2025. Spôsob dopravy nebol určený. Platobnými podmienkami je stanovená úhrada faktúry do 30 dní od doručenia tovaru.

Za realizáciu objednávky a dodržanie technických požiadaviek je zodpovedný Lukáš Fabuš. Po potvrdení objednávky sa očakáva jej splnenie v dohodnutých podmienkach.

#### **OBJEDNÁVKA**

Číslo objednávky: 2025/03/001

Dátum vystavenia: 27. 3. 2025

Dodávateľ: ABC s.r.o.

Adresa: Bratislava

Odberateľ: XYZ s.r.o.

Adresa: Košice

#### **Objednávame si nasledujúci tovar:**

Otočný spínač

Počet objednaných kusov: 500

#### **Technická špecifikácia:**

Materiál: Hliník EN 6082

Priemer základne: 50 mm

Výška základne: 10 mm

Priemer otvoru: 5,8 mm (pre skrutku M5)

Výška otočného kvádra: 20 mm

Dĺžka otočného kvádra: 50 mm

Šírka otočného kvádra: 10 mm

Hmotnosť jedného kusu: 77 g

### **Dodacie podmienky:**

Termín dodania: 19.5.2025

Miesto dodania: Košice

Spôsob dopravy: TOPTRANS/DHLEXPRES

Za správnosť objednávky zodpovedá:

Lukáš Fabuš

## **2.2 Súčiastka zadaná zákazníkom**

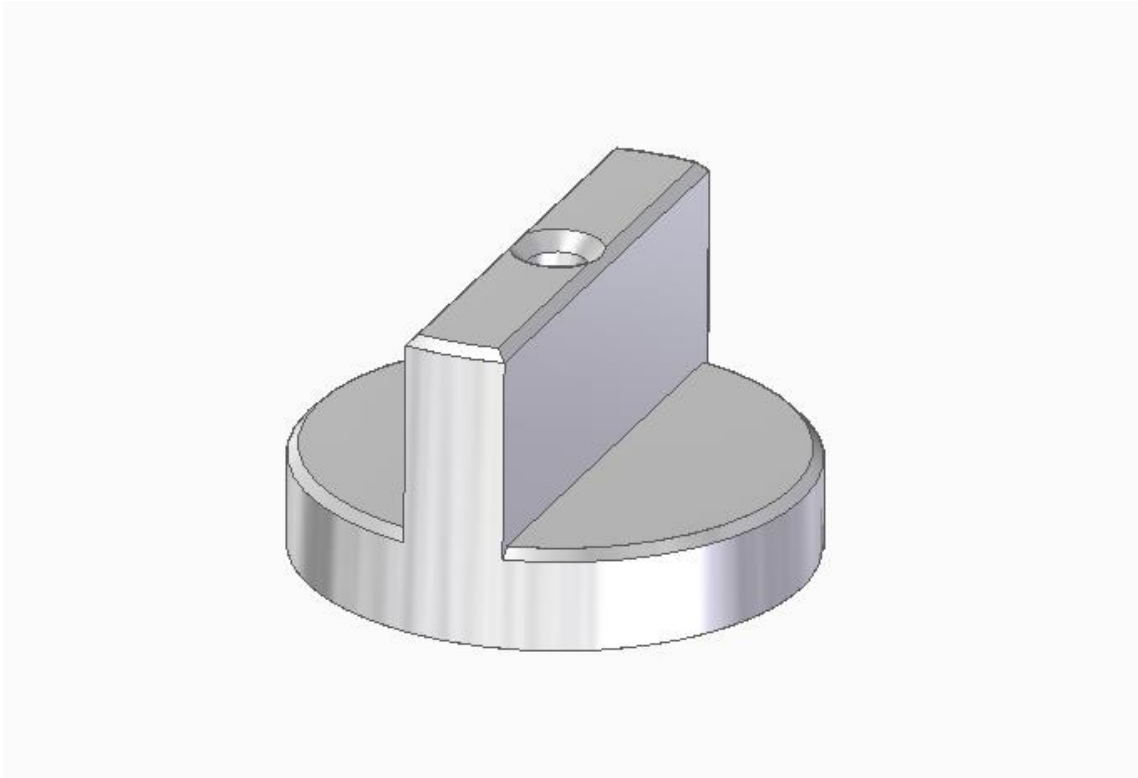
### **2.2.1 Charakteristika súčiastky**

Jedná sa o strojársku súčiastku vyrobenú z hliníka, ktorá slúži na zapínanie a vypínanie príslušného stroja. Spodná časť, ktorá prilieha k stroju, má valcový tvar, zatiaľ čo časť určená na otáčanie spínača je kvádrového tvaru. Stredom celej súčiastky prechádza otvor so zahĺbením v tvare veľkého písmena „V“, ktorý slúži na pevné upevnenie otočného mechanizmu.

Pre optimálnu predajnosť a tým aj výhodnosť pre podnik je nevyhnutné, aby bol spínač estetický, ergonomický a plne funkčný. Tieto vlastnosti sme dosiahli vďaka atraktívnemu dizajnu a použitiu kvalitných materiálov, konkrétne hliníka EN 6082. Tento materiál zabezpečuje vysokú odolnosť voči vonkajším vplyvom v prostredí, kde sa bude spínač nachádzať, a zároveň poskytuje elegantný vzhľad, ktorý sa hodí do takmer každého interiéru. Okrem toho je dôležitým aspektom aj široká kompatibilita s rôznymi aplikáciami. V súčasnosti zohráva pri úspechu na trhu významnú úlohu ekológia, pričom hliník je v tomto smere výhodný, keďže je 100 % recyklovateľný.

Základným kvantitatívnym znakom zvoleného spínača sú jeho rozmery. Priemer kruhovej základne otočného spínača je 50 mm a jej výška 10 mm. V strede súčiastky sa nachádza otvor s priemerom 5,8 mm, do ktorého sa vkladá skrutka M5. Výška otočného kvádra je 20 mm, jeho dĺžka 50 mm a šírka 10 mm. Celková hmotnosť spínača je 77 g.

Spínač bude vyrábaný pomocou CNC frézy z polotovaru, ktorým je valec s priemerom 50 mm, výškou 32 mm a hmotnosťou 170 g.



Obrázok 1: Spracovaná súčiastka otočný spínač

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3 VLASTNÉ NÁVRHY RIEŠENIA

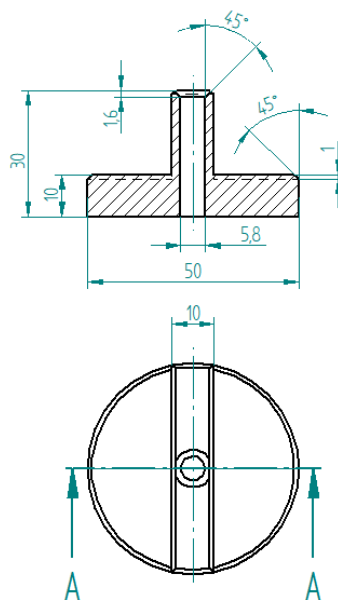
Pri riešení výroby požadovanej súčiastky budú porovnávané dva varianty riešenia. Tieto varianty budú následne porovnané a bude určené, ktorý z nich je pre zákazníka výhodnejší. Porovnávanie bude uskutočňované vo viacerých kategóriách, ako sú náklady na výrobu, časová náročnosť, spôsob prepravy, náklady na dopravu a počet pracovníkov.

Na výrobu bude využívaná najmä moderná technika ako CNC stroje alebo pásová píla. V oboch variantoch bude výroba realizovaná na CNC stroji, avšak rozdiel bude spočívať vo výbere strojov, najmä z hľadiska ich kvality.

Ďalším dôležitým aspektom riešenia bude zabezpečenie dostatočného počtu pracovníkov na všetky pozície. Títo pracovníci budú potrebné zaškolení v oblasti práce na strojoch, ako aj v oblasti bezpečnosti.

#### 3.1 Výrobný proces

V tejto časti práce je opísaný výrobný proces zákazkovej súčiastky, ktorá bola navrhnutá ako súčasť individuálnej zákazky pre konkrétne technické zadanie. Cieľom bolo navrhnuť efektívny a technologicky vhodný spôsob výroby, pričom boli zvažované dve varianty – klasická a moderná.



Obrázok 2: Časť technického výkresu zadanej súčiastky

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Súčiastka je vyrábaná z hliníkovej guľatiny a sú do nej zahrnuté operácie delenia materiálu, frézovania, vŕtania a konečnej úpravy povrchu. Obe varianty výroby boli navrhnuté tak, aby boli splnené rovnaké rozmerové a funkčné požiadavky, no sú využívané rozdielne technológie. Pri prvej variante je využívané štandardné CNC frézovanie a delenie pásovou pílou, zatiaľ čo pri druhej variante sú uplatňované moderné prístupy ako vysokorýchlostné obrábanie (HSC), vákuové upínanie a delenie vodným lúčom.

### **3.1.1 Výrobný proces prvej varianty**

Po schválení návrhu súčiastky vedením sa jej výroba posúva do ďalšej fázy. Najskôr je prevzatý technický výkres, na základe ktorého je pripravený technologický postup. Ten musí zohľadniť nielen požadovanú presnosť a kvalitu súčiastky, ale aj efektivitu celého výrobného procesu.

Následne je vytvorený CNC program, ktorý je nastavený tak, aby bol čas obrábania čo najkratší, no zároveň aby bola zabezpečená požadovaná kvalita výstupu.

Výrobný proces sa začína vyzdvihnutím polotovaru zo skladu. Ten je potom doručený k pásovej pile, kde je narezaný na rozmery určené vo výkresovej dokumentácii. Po narezaní sa polotovary prenášajú ku CNC fréze, kde sa upínajú a obrábajú podľa nastaveného postupu.

Po dokončení obrábania sa každá hotová súčiastka vyberie zo stroja a dôkladne skontroluje. Merajú sa dôležité rozmery a overuje sa presnosť, aby výrobok spĺňal všetky technické požiadavky. Ak je všetko v poriadku, súčiastka je označená ako hotová a odložená do skladu, odkiaľ sa následne expeduje k zákazníkovi.

### **3.1.2 Výrobný proces druhej varianty**

Po schválení súčiastky vedením je súčiastka zaradená do výrobného procesu. Výroba v tejto variante je realizovaná s využitím moderných technológií, pričom dôraz je kladený na vysokú presnosť a efektivitu. Na začiatku je prevzatý technický výkres, na základe ktorého je navrhnutý technologický postup.

Následne je vytvorený CNC program optimalizovaný pre vysokorýchlostné obrábanie (HSC), pričom sú zohľadnené požiadavky na kvalitu povrchu aj opotrebenie nástrojov. Zo skladu je vybraný hliníkový polotovár s priemerom 50 mm, ktorý je narezaný na dĺžku 33 mm pomocou vodného lúča – tento spôsob delenia nezapríčiňuje tepelné deformácie.

Polotovary sú ďalej upravené na presnú dĺžku 32 mm kotúčovou pílou. Následne sú zrazené hrany na pásovom brúsnom stroji. Obrábanie je vykonané na vysokorýchlostnej CNC fréze s vákuovým upínaním, ktoré zabraňuje deformáciám. Pred samotným frézovaním je vykonané laserové skenovanie na určenie presnej polohy.

V rámci obrábania je zarovnaná horná plocha na výšku 30 mm, je vytvorená ovládacia časť a vyvrtaný otvor s priemerom 5,8 mm. Vďaka technológii HSC je dosiahnutá vysoká kvalita povrchu a minimálne opotrebenie nástrojov.

Po skončení obrábania je hotová súčiastka vybraná zo stroja a podrobená kontrole kvality. Po overení rozmerov a vizuálnej kontrole je súčiastka označená ako hotová. Nakoniec je očistená, označená a uložená do skladu, kde čaká na zabalenie a expedíciu k zákazníkovi.

## **3.2 Technologický postup výroby pre obe varianty**

V nasledujúcej časti práce je predstavený prehľad CNC obrábacích strojov a podrobný návrh technologických postupov, ktoré boli pri výrobe zákazkovej súčiastky aplikované. Obe výrobné varianty boli navrhnuté s cieľom zabezpečiť efektívnu, presnú a technologicky uskutočniteľnú výrobu. Zatiaľ čo pri prvej variante je využité tradičné trojosové obrábacie centrum a štandardné výrobné technológie, v druhej variante je použitý moderný päťosový obrábací stroj s vysokorýchlostným obrábaním a vákuovým upínaním. Pre každú variantu bol zvolený technologický prístup detailne rozpracovaný vrátane charakteristiky CNC strojov, popisu jednotlivých operácií a rozboru vytvorených programov v prostredí riadiaceho systému Heidenhain.

### **3.2.1 Charakteristika CNC strojov**

Pre realizáciu oboch výrobných variantov boli zvolené CNC frézovacie stroje, ktoré zodpovedajú nárokom na presnosť, typ výroby a požadovaný technologický postup. Prvá

varianta je spracovaná pomocou klasického trojosového obrábacieho centra vhodného pre kusovú a malosériovú výrobu. Druhá varianta využíva moderné 5-osé portálové centrum s vysokovýkonným vretenom a vákuovým upínaním, ktoré umožňuje efektívne simultánne obrábanie. V nasledujúcich častiach sú uvedené technické parametre oboch strojov.

### **3.2.1.1 Stroj pre výrobu prvej varianty**

CNC frézka ABENE VHF-360TI je univerzálnym obrábacím strojom švédskej výroby. Je určená na presné frézovanie v kusovej aj malosériovej výrobe. Model VHF-360TI je vybavený riadiacim systémom Heidenhain TNC 320..(Kitmondo, 2024)

#### **Technické parametre**

Riadiaci systém: Heidenhain TNC 320

Rozsah posuvov: X: 650 mm

Y: 510 mm

Z: 450 mm

Veľkosť stola: 1200 × 400 mm

Upínanie nástrojov: SK 40

Otáčky vretena: 55 – 3000 ot./min (2 stupne)

Výkon motora vretena: 7,5 kW

Rýchloposuv: X a Y: 4000 mm/min

Z: 2000 mm/min

Hmotnosť stroja: približne 2500 kg

Rozmery (D × Š × V): 2600 × 2000 × 2000 mm (Kitmondo, 2024)



Obrázok 3: CNC frézka ABENE VHF-360TI

(Kitmondo, 2024)

### **3.2.1.2 Stroj pre výrobu druhej varianty**

CNC frézka EDEL TABLEMILL je vysoko výkonné 5-osé portálové obrábacie centrum navrhnuté pre simultánne obrábanie dielcov s vysokou presnosťou.

#### **Technické parametre**

Riadiaci systém: Heidenhain TNC 640

Max. pojazdy osi X/Y/Z: až 4800 / 2710 / 1400 mm

Vreteno: vodou chladené, 24 000 ot./min

Uchytenie nástroja: HSK-A63

Krútiaci moment vretena: 170 N

Výkon motora vretena: 110 kW

Počet nástrojov v zásobníku: 60 (možnosť rozšírenia)

Naklápacia hlava: A  $\pm 110^\circ$ , C  $\pm 360^\circ$

Možnosti upínania: vákuové upínanie (EDEL Werkzeugmaschinen, 2022)



Obrázok 4: CNC frézka EDEL TABLEMILL

(EDEL Werkzeugmaschinen, 2022)

### 3.2.2 Návrh technologických postupov

V tejto časti práce sú popísané technologické postupy, ktoré boli navrhnuté pre obe výrobné varianty zákazkovej súčiastky. Postupy boli navrhnuté tak, aby zabezpečili splnenie technických požiadaviek zákazníka, optimalizáciu výrobného času a efektívne využitie dostupných technológií. V prvej variante bol použitý tradičný prístup, ktorý sa vyznačuje nižšou mierou automatizácie a vyšším podielom ručnej práce. Naopak, v druhej variante bola aplikovaná moderná technológia, pri ktorej boli využité pokročilé metódy obrábania, vrátane vákuového upínania a vysokorýchlostného frézovania. Oba technologické postupy boli detailne rozpracované a prispôsobené charakteru výroby a požadovanému množstvu výrobkov.

#### 3.2.2.1 Technologické postupy prvej varianty

Technologický postup v prvej variante môže byť považovaný za bežne dostupný, teda za taký, ktorý je realizovateľný vo firmách s menšou výrobnou kapacitou. Tento

proces je charakterizovaný štandardnými výrobnými postupmi a využívaním bežne dostupných obrábacích strojov.

Technologický postup je začínaný návrhom polotovaru na základe požiadaviek zákazníka. V tomto prípade bol zadaný materiál hliník EN 6082 vo forme guľatinovej tyče s priemerom 50 mm a dĺžkou 3000 mm. Ako prvý výrobný krok je realizované rezanie polotovaru na požadovanú dĺžku. Pri rezaní na pásovej pile je uvažované s prídavkom 2 mm, čo znamená, že jednotlivé kusy sú rezané na dĺžku 32 mm. Po rezaní je vykonaná priebežná kontrola, počas ktorej je overované dodržanie rozmerových požiadaviek. Keďže prídavok na rezanie je pomerne veľký, tolerancia rezu bola stanovená na  $\pm 1$  mm.

Po úvodnej kontrole sú polotovary presúvané na zámočnícku dielňu, kde je vykonávané zrazenie hrán, aby sa zabezpečilo správne upnutie do CNC stroja. Následne sú polotovary presúvané na CNC obrábanie.

Polotovar je upínaný do skľučovadla v presnej polohe, aby mohli byť požadované operácie vykonané s vysokou presnosťou. CNC opracovanie je začínané zarovnaním vrchnej plochy na výšku 30 mm. Následne je frézovaním vytváraná vrchná časť spínača, ktorá slúži na jeho ovládanie, pričom je odoberaný materiál do výšky 10 mm. Ďalším krokom je vrtanie priechodzieho otvoru s priemerom 5,8 mm. Vzhľadom na relatívne malý priemer otvoru je vrtanie realizované priamo vrtákom s priemerom 5,8 mm, pričom je otvor vytvorený cez celú dĺžku súčiastky. Po dokončení vrtania je vykonané zrazenie všetkých obvodových hrán a hrán v oblasti otvoru do hĺbky 1,6 mm.



Obrázok 5: Ukážka univerzálneho skľučovadla

(Rajnáradia, 2025)

Po ukončení CNC opracovania sú súčiastky opätovne presúvané na zámočnícku dielňu, kde je vykonávané finálne zrazenie hrán. Následne je realizovaná výstupná kontrola, počas ktorej sú overované všetky rozmery v súlade s výkresovou dokumentáciou. Po úspešnom overení je súčiastka schválená a odovzdaná do skladu ako hotový výrobok.

### **3.2.2.2 Technologické postupy druhej varianty**

Vo výrobnom procese druhej varianty je využívané alternatívne a menej bežné technologické riešenie, ktoré môže byť efektívnejšie v špecifických podmienkach výroby. Tento prístup je založený na kombinácii rôznych rezacích technológií a spôsobov opracovania s cieľom dosiahnuť vyššiu presnosť a efektivitu výroby.

Na rozdiel od prvej varianty je v tomto prípade na delenie materiálu použitý vodný lúč. Týmto spôsobom je zabezpečené rezanie bez tepelného ovplyvnenia materiálu, s vysokou presnosťou a bez tvorby triesok. Hliníková guľatina s priemerom 50 mm je najskôr narezaná na dĺžku 33 mm, pričom je ponechaný prídavok 1 mm na ďalšie presné opracovanie.

Po úvodnom rezaní je polotovar presúvaný na kotúčovú pílu s tvrdokovovým kotúčom, kde je vykonané druhé, presnejšie delenie. Touto metódou sú zabezpečené čisté rezy s minimálnym odpadom a presnejšou toleranciou v porovnaní s pásovou pilou. Výsledná dĺžka polotovaru je 32 mm s toleranciou  $\pm 0,5$  mm.

Po ukončení rezania je vykonané zrazenie hrán brúsením na automatizovanom brúsnom páse, čím je zabezpečené kvalitnejšie upnutie do CNC stroja a zároveň odstránené prípadné nerovnosti po rezaní.

Opracovanie na CNC stroji je realizované bez použitia skľučovadla – súčiastka je uchytaná vákuovým upínaním na špeciálnej podložke. Takýto spôsob upnutia eliminuje deformácie spôsobené mechanickým tlakom a zvyšuje presnosť obrábania. Proces obrábania je zahájený laserovým skenovaním povrchu, ktorým sú určené presné polohy a odchýlky polotovaru pred frézovaním.



Obrázok 6: Ukážka vákuovej upínacej dosky

(TechnikIndustry, 2017)

Následne je vykonávané vysokorýchlostné obrábanie (HSC - High-Speed Cutting), ktoré umožňuje, aby boli povrchy frézované veľkou reznou rýchlosťou a zároveň bola dosiahnutá výnimočná kvalita povrchu bez potreby dodatočného brúsenia. Vďaka tejto technológii je minimalizovaná hrúbka triesky a znižované opotrebovanie nástrojov. Po zarovnaní vrchnej plochy na výšku 30 mm a vytvorení ovládacej časti frézovaním je následne vyvrtaný otvor s priemerom 5,8 mm.

Po ukončení obrábania je vykonaná automatická kontrola kvality pomocou dotykovej sondy, pričom priamo na CNC stroji sú zmerané kritické rozmery a porovnané s CAD modelom.

Po dokončení CNC opracovania sú súčiastky presunuté na zámočnícku dielňu, kde je finálny stav vizuálne skontrolovaný. Následne sú súčiastky odovzdané do skladu, kde sú pripravené na expedíciu.

### **3.2.2.3 NC programy**

NC program bol spracovaný v softvéri od spoločnosti Heidenhain, konkrétne vo verzii TNC 530. Keďže ide o staršiu verziu, ktorá neumožňuje, aby bola súčiastka vytváraná priamo z polotovaru kruhového prierezu, ale iba z kvádra, bolo potrebné, aby boli do programu pridané kroky na vytvorenie obvodu kruhu. Pri praktickej aplikácii by táto časť programu nebola potrebná, keďže by bola súčiastka vyrábaná priamo z

kruhového polotovaru. Výroba danej súčiastky však týmto spôsobom zostáva reálne uskutočniteľná.

Kompletná dĺžka programu je v prílohe č.1

#### **3.2.2.4 Rozbor NC programu**

V nasledujúcej časti je uvedený podrobný výklad najdôležitejších blokov z CNC programu, ktorý bol vytvorený pre výrobu otočného spínača na trojosovom obrábacom centre. Program bol vytvorený v prostredí riadiaceho systému Heidenhain a pozostáva z operácií, ktoré boli definované pre frézovanie, vrtanie a vykonávanie pomocných pohybov.

##### **Blok 1–2: Definícia polotovaru**

1 BLK FORM 0.1 Z X-25 Y-25 Z-35

2 BLK FORM 0.2 X+25 Y+25 Z+0

Tieto riadky definujú rozmery a súradnicové ohraničenie polotovaru, z ktorého sa bude obrábať. Tým sa nastaví 3D pracovný blok pre simuláciu aj reálny obrábací proces.

##### **Blok 3: Výber nástroja a nastavenie otáčok**

3 TOOL CALL 15 Z S6400 F800 DL+0

DR+0 DR2:+0

Volá sa nástroj č. 15, nastavujú sa otáčky (6400 ot/min), posuv (F800) a parametre korekcie dĺžky (DL), rádiusu (DR) a pomocných funkcií (DR2).

##### **Blok 5–6: CYCL 257 – frézovanie kruhu**

5 CYCL DEF 257 KRUHOVY CEP

Q223=+50 ; priemer obrobku

Q222=+52 ; priemer polotovaru

Q368=+0 ; prídavok na stranu

Q207=+2900 ; posuv pri frézovaní

Q351=+1 ; spôsob frézovania

Q201=-30 ; hĺbka frézovania

Q202=+5 ; hĺbka záberu

Q206=+2900 ; posuv do hĺbky

- Q200=+2 ; bezpečnostná vzdialenosť
- Q203=+0 ; povrch obrobku
- Q204=+50 ; druhá bezpečná vzdialenosť
- Q370=+1 ; prekrytie dráhy
- Q376=-1 ; počiatočný uhol

Tento cyklus vykoná frézovanie valcového výstupku (kruhového čapu). Obrába sa do hĺbky 30 mm po záberoch 5 mm, s definovaným posuvom. Parametre určujú priemer, štartovací uhol, bezpečnostné vzdialenosti a stratégiu frézovania.

#### **Bloky 7–10: Pohyby medzi operáciami**

- 7 L X+5 Y-40 Z-20 RR F AUTO
- 8 L Y+40 F AUTO
- 9 L X-5 FMAX
- 10 L Y-40 F AUTO

Rýchle a pracovné posuvy medzi pozíciami.

#### **Blok 14–15: CYCL 200 – vŕtanie do hĺbky -32 mm**

- 14 CYCL DEF 200 VRTANI
- Q200=+2 ; bezpečnostná vzdialenosť
- Q201=-32 ; hĺbka otvoru
- Q206=+110 ; posuv do hĺbky
- Q202=+5 ; záber
- Q210=+2 ; pauza hore
- Q203=+0 ; povrch
- Q204=+50 ; druhá bezpečná vzdialenosť
- Q211=+0 ; pauza dole
- Q395=+0 ; referenčná hĺbka

Tento cyklus vykonáva hlboké vŕtanie do hĺbky 32 mm – ide o stredový otvor cez celý diel.

#### **Blok 18–19: Druhé vŕtanie do hĺbky -6 mm**

- 18 CYCL DEF 200 VRTANI

Q201=-6 ; hĺbka otvoru

Druhé vŕtanie, slúži ako zahĺbenie pre skrutku.

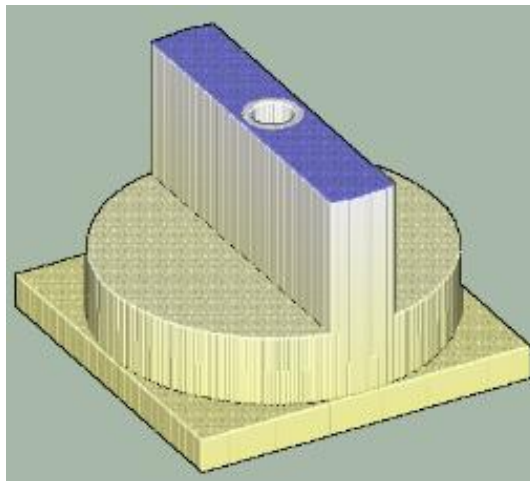
### **Blok 20–22: Ukončenie programu**

20 L Z+250 R0 FMAX M5 M9

21 M30

22 END PGM fabus MM

Nástroj sa zdvihne, vypne sa vreteno (M5) a chladiace médium (M9), program sa ukončí (M30) a pripraví sa na nový cyklus.



Obrázok 7: Zadaná súčiastka opracovaná v programe Heidenhain

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### **3.2.3 Možnosti expedície výrobkov**

Doprava hotových výrobkov zo sídla spoločnosti k zákazníkovi je považovaná za dôležitú súčasť celého výrobného procesu. Výber vhodného spôsobu expedície je ovplyvňovaný nielen celkovými nákladmi, ale aj časom doručenia, spoľahlivosťou a spokojnosťou odberateľa. V tejto časti práce sú analyzované dve možnosti dopravy – štandardná pozemná preprava a alternatívne riešenie vo forme leteckej zásielky. Oba prístupy sú posudzované na konkrétnom príklade dodávky 500 kusov výrobkov s hmotnosťou 38,5 kg medzi mestami Bratislava a Košice.

### 3.2.3.1 Expedícia prvej varianty

Vzhľadom na to, že výrobná spoločnosť ABC s.r.o. je situovaná v Bratislave a zákazník XYZ s.r.o. má sídlo v Košiciach, bol ako efektívny spôsob expedície hotových výrobkov zvolený externý kuriér. Pri prvej výrobnej variante, v ktorej sú využívané jednoduchšie a dostupnejšie výrobné technológie, bola ako forma doručenia zvolená preprava prostredníctvom externej kuriérskej spoločnosti.

Výrobok je charakterizovaný pomerne nízkou hmotnosťou – približne 77 gramov na kus, pričom pri objednanom počte 500 kusov dosahuje celková hmotnosť zásielky 38,5 kg. Na základe týchto parametrov bola zásielka vyhodnotená ako vhodná na bežnú balíkovú prepravu bez potreby špeciálneho balenia alebo nadrozmernej manipulácie.

Na orientačný výpočet nákladov bola použitá kalkulačka prepravnej spoločnosti TOPTRANS, pričom cena bola stanovená na základe celkovej hmotnosti a štandardného objemu zásielky na trase Bratislava – Košice.

Tabuľka 1: Zhrnutie údajov z pozemnej dopravy (TOPTRANS, 2025)

<b>Parameter</b>	<b>Hodnota</b>
<b>Počet kusov</b>	500 ks
<b>Hmotnosť jedného kusu</b>	77 g
<b>Celková hmotnosť zásielky</b>	38,5 kg
<b>Vzdialenosť (Bratislava–Košice)</b>	cca 400 km
<b>Odhadovaná cena dopravy</b>	cca 23 € bez DPH

### 3.2.3.2 Expedícia druhej varianty

Pre druhú výrobnú variantu, ktorá je technologicky pokročilejšia a zameraná na vysokú presnosť, bola ako alternatívna možnosť expedície posúdená aj letecká doprava. Tento spôsob je považovaný za vhodný najmä pri požiadavkách na rýchle doručenie alebo pri zasielaní do vzdialenejších oblastí či do zahraničia.

Pri výrobe 500 kusov výrobkov s jednotkovou hmotnosťou 77 g je dosahovaná celková hmotnosť zásielky 38,5 kg. Pre potreby leteckej prepravy je odporúčané posudzovať aj tzv. objemová hmotnosť, ktorá je pri výpočte ceny často porovnávaná so skutočnou hmotnosťou.

Na základe údajov leteckého prepravcu DHL Express bolo určené, že pri odoslaní balíka z Bratislavy do Košíc (v rámci vnútroštátnej leteckej služby) by cena zásielky do 50 kg pri štandardnom balení dosahovala približne 78 € bez DPH (DHL Express, 2025). Cena sa môže líšiť v závislosti od presného objemu zásielky, zvolenej služby a dodacích podmienok.

Tabuľka 2: Zhrnutie údajov z leteckej dopravy (DHL Express, 2025)

<b>Parameter</b>	<b>Hodnota</b>
<b>Počet kusov</b>	500 ks
<b>Hmotnosť jedného kusu</b>	77 g
<b>Celková hmotnosť zásielky</b>	38,5 kg
<b>Spôsob prepravy</b>	Letecká zásielka (DHL Express)
<b>Trasa</b>	Bratislava – Košice
<b>Odhadovaná cena dopravy</b>	cca 78 € bez DPH

Hoci je letecká doprava považovaná za podstatne nákladnejšiu ako pozemná, jej výhodou je výrazne kratší čas doručenia, vyššia bezpečnosť prepravy a spoľahlivé sledovanie zásielky. Tento spôsob je odporúčaný najmä v prípadoch, keď je požadovaná expresná dodávka.

### **3.3 Technologické dáta z výrobného procesu**

#### **Technické charakteristiky výrobku a materiálu**

V oboch výrobných variantoch sa vyrába tá istá súčiastka – rotačný diel s priemerom 50 mm a výškou 30 mm, do ktorého je frézovaná ovládacia časť a vŕtaný otvor s priemerom 5,8 mm. Na výrobu je použitá hliníková guľatina EN AW-6082 s priemerom 50 mm. V prvej variante je súčiastka rezaná na dĺžku približne 32 mm, v druhej na 33 mm z dôvodu dodatočného opracovania. Hmotnosť hotového výrobku je stanovená na približne 77 gramov.

## **Použitá technológia a stroje**

V prvej variante je zvolené klasické riešenie – materiál je delený pásovou pílou, hrany sú zrážané ručne a opracovanie je vykonávané na 3-osovej CNC fréze ABENE VHF-360TI. Výrobný postup je považovaný za vhodný pre malé dielne s menšou mierou automatizácie a vyšším podielom ručnej práce.

V druhej variante sú aplikované pokročilejšie technológie. Materiál je delený vodným lúčom, následne presne dorezaný kotúčovou pílou a hrany sú zrazené automatickým brúsny pásom. Obrábanie je realizované na 5-osovom obrábacom centre EDEL TABLEMILL s vákuovým upínaním a technológiou vysokorýchlostného obrábania (HSC), čím sa zabezpečuje vyššia presnosť a lepšia kvalita povrchu. Výhodou je aj automatická kontrola kvality priamo na CNC stroji pomocou dotykovej sondy.

## **Časová náročnosť výroby**

Na základe odhadov a porovnania údajov z dostupných zdrojov bol v prvej variante stanovený orientačný čas výroby jedného kusu na približne 10 minút. Pre 500 kusov to predstavuje približne 83 hodín čistého výrobného času, bez započítania prípravných operácií.

V druhej variante bol vďaka technológii HSC a automatizovaným operáciám odhadnutý čas výroby jedného kusu na približne 6 minút. Výroba celej série 500 kusov by tak zabrala asi 50 hodín, čo predstavuje významnú úsporu času oproti prvej variante.

## **Personálne zabezpečenie**

Zároveň bola analyzovaná potreba obslužného personálu pre jednotlivé operácie. V prvej variante je potrebných päť pracovníkov – operátor píly, pracovník na zrazenie hrán, operátor CNC frézy, kontrolór kvality a skladník.

V druhej variante, kde sa využíva viacero zariadení (vodný lúč, kotúčová píla, brúsny pás), je potrebných šesť pracovníkov. Hoci je počet vyšší, vďaka automatizácii je ich práca menej časovo náročná a efektívnejšia.

## **Doprava a expedícia**

V oboch prípadoch sa počíta s expedíciou 500 kusov výrobkov s celkovou hmotnosťou 38,5 kg. V prvej variante je zvolená pozemná doprava cez spoločnosť TOPTRANS, ktorá zabezpečuje doručenie v rámci SR s cenou približne 23 € bez DPH.

V druhej variante je ako alternatíva analyzovaná letecká doprava prostredníctvom DHL Express, kde bola cena dopravy odhadnutá na 78 € bez DPH. Napriek vyšším nákladom poskytuje tento spôsob dopravy vyššiu rýchlosť a spoľahlivosť, čo je výhodné pri expresných zákazkách alebo exporte.

Tabuľka 3: Porovnanie technických údajov (Zdroj: Vlastné spracovanie)

<b>Parameter</b>	<b>Prvá varianta</b>	<b>Druhá varianta</b>
<b>Typ stroja</b>	CNC ABENE VHF-360TI (3-osový)	CNC EDEL TABLEMILL (5-osový HSC)
<b>Upínanie</b>	Mechanické (skľučovadlo)	Vákuové
<b>Delenie materiálu</b>	Pásová píla	Vodný lúč + kotúčová píla
<b>Materiál</b>	Hliník EN AW-6082, Ø50 mm	Hliník EN AW-6082, Ø50 mm
<b>Rozmery súčiastky</b>	Ø50 mm, výška 30 mm, otvor Ø5,8 mm	Ø50 mm, výška 30 mm, otvor Ø5,8 mm
<b>Hmotnosť jedného kusu</b>	77 g	77 g
<b>Výrobný čas na 1 kus</b>	cca 10 min	cca 6 min
<b>Celkový výrobný čas (500 ks)</b>	cca 83 hodín	cca 50 hodín
<b>Automatická kontrola</b>	Nie	Áno (dotyková sonda, laser)
<b>Počet pracovníkov</b>	5 (píla, zámočník, CNC, kontrola, sklad)	6 (vodný lúč, píla, brúska, CNC, kontrola, sklad)
<b>Doprava</b>	Pozemná (TOPTRANS)	Letecká (DHL Express)

Na základe porovnania technických údajov oboch variantov môže byť konštatované, že druhá varianta je považovaná za modernejšiu a efektívnejšiu. Vďaka použitým technológiám, ako je vysokorýchlostné obrábanie, vákuové upínanie a

automatická kontrola, je výroba realizovaná rýchlejšie a s vyššou presnosťou. Hoci je potrebné zapojiť o jedného pracovníka viac a náklady na dopravu sú vyššie, výrobný čas je výrazne skrátený a kvalita výrobku je zvýšená. Prvá varianta je síce charakterizovaná jednoduchšou realizáciou a nižšími nákladmi na prepravu, no zároveň je časovo náročnejšia a vyžaduje vyššiu mieru obsluhy. Výber medzi variantmi je tak podmienený najmä požiadavkami na rýchlosť, presnosť a technickú úroveň výroby.

### **3.4 Technicko-ekonomické zhodnotenie**

V tejto časti práce je spracované komplexné porovnanie dvoch výrobných variant, ktoré boli navrhnuté pre realizáciu zákazkovej súčiastky. Varianty boli vyhodnotené z pohľadu technologických riešení, ekonomickej náročnosti, personálneho zabezpečenia, časovej efektivity a spôsobu expedície. Na základe dostupných údajov boli vypočítané jednotlivé nákladové položky a následne bola stanovená jednotková cena výrobku s ohľadom na bežnú obchodnú prirážku. Porovnanie bolo realizované s cieľom určiť, ktorá z variant je výhodnejšia pre konkrétny typ zákazky z hľadiska ekonomiky výroby a technickej realizovateľnosti.

#### **3.4.1 Varianta 1**

Prvá výrobná varianta bola navrhnutá ako jednoduché a tradičné riešenie, ktoré sa dobre hodí pre menšie zákazkové série. Pri tejto variante sa počíta s využitím bežne dostupných strojov a zaužívaných výrobných postupov s nižšou mierou automatizácie. Takýto prístup býva často uplatňovaný v malých a stredných firmách, kde sa kladie dôraz najmä na dostupnosť techniky, nenáročnú obsluhu a nižšie investičné náklady.

Ako základný materiál bola zvolená hliníková guľatina EN AW-6082, dodávaná v štandardnej dĺžke 3 metre a priemere 50 mm. Z tohto polotovaru sú súčiastky rezané na dĺžku 32 mm vrátane prídavku na obrábanie, čo umožňuje, aby bolo z jednej tyče vyrezaných až 93 kusov. Pri plánovanom množstve 500 kusov bolo určené, že bude potrebných 6 tyčí, pričom cena jednej tyče bola stanovená na 161,83 €. Celkové náklady na materiál tak boli vypočítané vo výške 970,98 € (Atreon - Hutnícky materiál, 2025)

Na realizáciu tejto výrobnéj schémy bolo potrebné zapojiť päť pracovníkov: obsluhu pásovej píly, zámočníka (na zrážanie hrán), CNC operátora, kontrolóra kvality a

skladníka. Pre spravodlivé vyhodnotenie nákladov boli jednotlivé mzdy odstupňované podľa náročnosti a zodpovednosti úloh.

CNC operátorovi bola stanovená hodinová mzda 15 €, zatiaľ čo ostatným štyrom pracovníkom bola určená mzda vo výške 10 € za hodinu. Keďže každý pracovník bol zamestnaný počas celého výrobného času, ktorý bol vypočítaný ako 83 hodín (na základe výrobného času 10 minút/kus pre 500 kusov), celkové mzdové náklady boli vypočítané nasledovne:

CNC operátor:  $15 \text{ €} \times 83 \text{ h} = 1\,245 \text{ €}$

Ostatní pracovníci:  $10 \text{ €} \times 83 \text{ h} \times 4 \text{ osoby} = 3\,320 \text{ €}$

Spolu mzdy: 4 565 €

Energetická náročnosť frézovania je považovaná za významnú zložku prevádzkových nákladov. Spotreba frézky ABENE VHF-360TI bola stanovená na 5 kWh/hod, čo pri 83 hodinách práce a cene elektrickej energie 0,18913 €/kWh vedie k nákladom na elektrinu vo výške 78,49 €. (ZSE, 2025)

Preprava hotových výrobkov k zákazníkovi je uskutočnená pomocou pozemnej dopravy prostredníctvom kuriérskej služby TOPTRANS. Vzhľadom na hmotnosť zásielky (38,5 kg pri 500 kusoch) a vzdialenosť medzi prevádzkami je cena dopravy vyčíslená na 23 €.

Po zohľadnení všetkých rozhodujúcich nákladových položiek je celková suma na realizáciu tejto zákazky stanovená na 5 637,47 €. Rozdelením tejto sumy na jednotlivé kusy je jednotková cena bez zisku určená na 11,27 €.

V prípade, že je uplatnená bežná obchodná prirážka vo výške 25 %, je odporúčaná predajná cena jedného kusu stanovená na 14,09 €. Táto suma zabezpečuje návratnosť vložených prostriedkov a vytvára priestor pre primeraný zisk.

Z pohľadu výrobcu je táto varianta považovaná za výhodnú najmä vtedy, ak je cieľom výroba s minimálnymi investíciami do technológie. Uplatnenie je nájdené v prevádzkach, ktoré už disponujú základným strojovým vybavením a personálom s bežnými zručnosťami v oblasti obrábania. Nevýhodou však zostáva vyššia závislosť od ľudskej práce, dlhšia výrobná doba a nižšia presnosť v porovnaní s plne automatizovanými modernými metódami.

### 3.4.2 Varianta 2

Prvá výrobná varianta bola navrhnutá ako tradičný spôsob výroby, aký býva bežne využívaný v menších firmách. Je založená na použití jednoduchších strojov a osvedčených výrobných postupov, ktoré nevyžadujú veľké investície ani pokročilú automatizáciu. Takýto prístup býva volený najmä v prípadoch, keď je dôležité šetriť náklady, využiť dostupné vybavenie a obsluhu zvládnu aj bežne zaškolení pracovníci.

Ako základný materiál je použitá hliníková guľatina EN AW-6082, ktorá je dodávaná v štandardnej dĺžke 3 metre a priemere 50 mm. Súčiastky sú z tohto polotovaru rezané na dĺžku 32 mm vrátane prídavku na obrábanie, čo umožňuje, aby bolo z jednej tyče vyrezaných až 93 kusov. Pri plánovanom množstve 500 kusov je teda potrebných 6 tyčí, pričom cena jednej tyče bola stanovená na 161,83 €. Celkové náklady na materiál tak boli vyčíslené na 970,98 €.(Atreon - Hutnícky materiál, 2025)

Na realizáciu tejto výrobnéj schémy bolo potrebné zapojiť päť pracovníkov: obsluhu pásovej píly, zámočníka (na zrážanie hrán), CNC operátora, kontrolóra kvality a skladníka. Pre spravodlivé vyhodnotenie nákladov boli mzdy odstupňované podľa náročnosti a zodpovednosti jednotlivých úloh.

CNC operátorovi bola stanovená hodinová mzda 15 €, zatiaľ čo ostatným štyrom pracovníkom bola priznaná mzda 10 € za hodinu. Keďže každý pracovník bol zamestnaný počas celého výrobného času, ktorý bol určený na 83 hodín (na základe výrobného času 10 minút/kus pre 500 kusov), boli celkové mzdové náklady vypočítané nasledovne:

CNC operátor:  $15 \text{ €} \times 83 \text{ h} = 1\,245 \text{ €}$

Ostatní pracovníci:  $10 \text{ €} \times 83 \text{ h} \times 4 \text{ osoby} = 3\,320 \text{ €}$

Spolu mzdy: 4 565 €

Energetická náročnosť frézovania je považovaná za významnú zložku prevádzkových nákladov. Spotreba frézky ABENE VHF-360TI bola stanovená na 5 kWh/hod, čo pri 83 hodinách práce a cene elektrickej energie 0,18913 €/kWh vedie k tomu, že sú náklady na elektrinu vyčíslené na 78,49 €.

(Zdroj ceny Elektrickej energie: ZSE, 2025)

Preprava hotových výrobkov k zákazníkovi je zabezpečená pomocou pozemnej dopravy prostredníctvom kuriérskej služby TOPTRANS. Vzhľadom na hmotnosť

zásienky (38,5 kg pri 500 kusoch) a vzdialenosť medzi prevádzkami bola cena dopravy vyčíslená na 23 €.

Po zohľadnení všetkých rozhodujúcich nákladových položiek bola celková suma na realizáciu tejto zákazky stanovená na 5 637,47 €. Rozdelením tejto sumy na jednotlivé kusy bola vypočítaná jednotková cena bez zisku na 11,27 €.

V prípade, že je uplatnená bežná obchodná prirážka vo výške 25 %, je odporúčaná predajná cena jedného kusu určená na 14,09 €. Táto suma zabezpečuje návratnosť vložených prostriedkov a vytvára priestor pre primeraný zisk.

Z pohľadu výrobcu je táto varianta považovaná za výhodnú najmä vtedy, ak je požadovaná výroba s minimálnymi investíciami do technológie. Uplatnenie je nachádzané v prevádzkach, ktoré už sú vybavené základným strojovým vybavením a personálom s bežnými zručnosťami v oblasti obrábania. Nevýhodou však zostáva vyššia závislosť od ľudskej práce, dlhšia výrobná doba a nižšia presnosť v porovnaní s plne automatizovanými modernými metódami.

### **3.4.3 Porovnanie variant**

V rámci riešenia zákazkovej výroby otočných spínačov boli navrhnuté a analyzované dve technologicky odlišné výrobné varianty – tradičná (varianta 1) a moderná (varianta 2). Obe riešenia boli hodnotené z pohľadu technickej realizovateľnosti, časovej náročnosti, mzdových a energetických nákladov, ako aj nákladov na dopravu a konečnej predajnej ceny. Cieľom porovnania je identifikovať, ktorá z variant je výhodnejšia z ekonomického a technologického hľadiska pre daný typ zákazky.

Obe výrobné varianty pracujú so zhodným materiálom – hliníkovou guľatinou EN AW-6082 s priemerom 50 mm a dĺžkou 3 metre. V prvej variante sa obrobky režu na dĺžku 32 mm, v druhej na 33 mm, čo umožňuje z každej tyče získať približne rovnaký počet súčiastok. V oboch prípadoch bolo potrebných 6 tyčí, pričom cena jednej bola 161,83 €. Celkové náklady na materiál tak predstavovali 970,98 € pri oboch alternatívach.

Podstatný rozdiel medzi variantami vzniká v oblasti časovej a technologickej efektivity. Tradičná prvá varianta využíva pásovú pílu, ručné zrážanie hrán a klasické trojosové CNC frézovanie. Výrobný čas na jeden kus bol stanovený na 10 minút, teda celkovo 83 hodín na sériu 500 kusov. Oproti tomu druhá varianta využíva moderné technológie ako delenie vodným lúčom, vákuové upínanie, laserové skenovanie a

vysokorýchlostné obrábanie (HSC) na 5-osovom CNC stroji, vďaka čomu sa výrobný čas jedného kusu skrátil na 6 minút – teda 50 hodín pre celú sériu.

Aj napriek vyšším hodinovým mzdám v druhej variante (CNC operátor: 20 €/h, operátor vodného lúča: 15 €/h) sa vďaka kratšiemu času výroby podarilo dosiahnuť nižšie celkové mzdové náklady. V prvej variante pracuje CNC operátor za 15 €/h a ostatní pracovníci (zámočník, kontrolór, skladník a obsluha píly) za 10 €/h. Celkové mzdové náklady tak dosahovali 4 565 € pri prvej variante, zatiaľ čo pri modernejšom riešení len 3 750 €.

Rovnako priaznivo vyšla aj spotreba elektrickej energie. Hoci druhý stroj pracuje s vyšším výkonom (7,5 kWh), kratší výrobný čas znížil celkovú spotrebu. V prvej variante, kde sa používala trojosová fréza s výkonom 5 kWh, sa pri 83 hodinách práce spotrebovalo viac energie (78,49 €) ako v druhej variante, kde sa pri 50 hodinách dosiahla spotreba len 70,92 €.

Rozdielny bol aj zvolený spôsob dopravy. Tradičná varianta využíva štandardnú pozemnú dopravu (TOPTRANS) s nákladom 23 €, zatiaľ čo druhá varianta počítala s expresnou leteckou zásielkou cez DHL Express s nákladom 78 €, čo zohľadňuje vyššiu hodnotu výrobkov a ich presné vyhotovenie.

Po započítaní všetkých vstupov dosiahla celková cena za 500 kusov v prvej variante sumu 5 637,47 €, pričom jednotková cena bez zisku bola 11,27 €. Pri pripočítaní obchodnej prirážky 25 % sa konečná predajná cena vyšplhala na 14,09 € za kus. V druhej variante bola výsledná cena za 500 kusov 4 869,90 €, jednotková cena 9,74 € a predajná cena pri 25 % zisku bola 12,17 €.

Z technického aj ekonomického hľadiska je druhá varianta výrazne efektívnejšia. Vďaka modernej technológii je výroba rýchlejšia, presnejšia a lacnejšia. Aj keď si vyžaduje náročnejšiu obsluhu a drahšiu dopravu, jej výhody sa premietajú do znížených nákladov na výrobu, vyššej kvalite výrobku a lepšej konkurenčnej schopnosti. Prvá varianta je vhodná vtedy, ak sa výrobca snaží minimalizovať technologické investície, avšak s vedomím vyšších prevádzkových nákladov a dlhšieho času výroby.

Tabuľka 4: Porovnanie ekonomických údajov (Zdroj: Vlastné spracovanie)

<b>Parameter</b>	<b>Varianta 1 (tradičná)</b>	<b>Varianta 2 (moderná)</b>
<b>Počet kusov</b>	500	500
<b>Výrobný čas (hod.)</b>	83	50
<b>Mzdové náklady (€)</b>	4 565	3 750
<b>Náklady na energiu (€)</b>	78,49	70,92
<b>Náklady na dopravu (€)</b>	23	78
<b>Náklady na materiál (€)</b>	970,98	970,98
<b>Celkové náklady (€)</b>	<b>5 637,47</b>	4 869,90
<b>Jednotková cena bez zisku (€)</b>	11,27	9,74
<b>Predajná cena (so ziskom 25%)</b>	14,09	12,17

Pri porovnávaní oboch výrobných variant bolo pôvodne predpokladané, že tradičný spôsob výroby bude cenovo výhodnejší. Tento predpoklad bol založený na logike, že staršie technológie, nižšie nároky na kvalifikáciu pracovníkov a jednoduchší výrobný postup by mali predstavovať menšie náklady. Výsledky však ukázali opak a bolo zistené, že moderná výrobná varianta s technicky náročnejším postupom, vyššou kvalifikáciou pracovníkov a drahšou dopravou vyšla v konečnom dôsledku ako ekonomicky výhodnejšia. Týmto výsledkom bolo potvrdené, že nie vždy platí, že to, čo sa na prvý pohľad javí ako jednoduchšie a lacnejšie, skutočne také aj je. Až po započítaní všetkých faktorov – od mzdových a časových nákladov, cez spotrebu energie, až po efektivitu výroby – môže byť získaný reálny obraz ekonomickej efektívnosti. Touto analýzou bola potvrdená dôležitosť komplexného pohľadu pri rozhodovaní v oblasti výrobných stratégií.

## ZÁVER

Porovnaním oboch výrobných variant bolo ukázané, že hoci môže moderný prístup na prvý pohľad pôsobiť náročnejšie a vyžadovať vyššiu vstupnú investíciu, v skutočnosti ponúka dlhodobo výhodnejšie riešenie. Moderné technológie ako vysokorýchlostné obrábanie, vákuové upínanie či automatizované meranie umožnili dosiahnuť nielen rýchlejší výrobný čas, ale aj vyššiu presnosť a kvalitu finálneho produktu. Tieto faktory majú priamy vplyv na spokojnosť zákazníka a konkurencieschopnosť výrobcu.

Na druhej strane, tradičný výrobný prístup má svoje miesto najmä v menších prevádzkach alebo pri výrobe malých sérií, kde nie je potrebná vysoká automatizácia. Výhodou je nižšia technická náročnosť a menšie investičné riziko, avšak za cenu vyššej spotreby času a väčšieho zapojenia pracovnej sily.

Táto práca ukázala, že pri voľbe vhodného výrobného postupu je dôležité pozerat' sa na proces ako celok – od prípravy materiálu, cez samotnú výrobu, až po expedíciu. Rozhodnutie, ktorá varianta je lepšia, nemusí byť vždy jednoznačné. Záleží na prioritách konkrétnej firmy, dostupných zdrojoch a požiadavkách zákazníka

## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

ANTOŠ, Karel, Jiří ČEJKA, Václav DOBIÁŠ, Stanislav JÍRA, Tomáš NÁHLÍK a Helena PAVLIČÍKOVÁ, 2019. *Studijní materiály pro obor logistika a doprava* [online]. České Budějovice [cit. 2025-04-28]. Dostupné z: <https://2014-2020.at-cz.eu/data/projects/f/11/449.pdf>. Studijní materiál. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích.

Atreon - Hutnícky materiál, 2025. *Atreon - Hutnícky materiál* [online]. [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: [https://www.atreon.sk/hlinikova-gulatina-50-mm--en-6082/?gad\\_campaignid=20920678064](https://www.atreon.sk/hlinikova-gulatina-50-mm--en-6082/?gad_campaignid=20920678064)

BALOG, Michal, 2017. *Technická dokumentácia vo výrobe*. Košice. Technická univerzita v Košiciach.

DHL Express, 2025. *DHL Express* [online]. [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://mydhl.express.dhl/sk/sk/shipment.html>

DOLEŽAL, Jaroslav. *SM 41 VÝROBNÍ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY* [online]. [cit. 2025-04-28]. Dostupné z: [https://eluc.krolomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobní\\_technologicke\\_postupy.pdf](https://eluc.krolomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobní_technologicke_postupy.pdf). Elektronická učebnice.

EDEL Werkzeugmaschinen, 2022. *TABLEMILL series* [online]. [cit. 2025-05-05]. Dostupné z: <https://www.edel-cnc.com/en/tablemill-series.html>

Ekonomická encyklopédia, 2023. *Ekonomická encyklopédia* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.ekonomicka.sk/vyrobnny-proces-2/>

Encyklopediapožnania, 2020. *Encyklopediapožnania* [online]. [cit. 2025-04-26]. Dostupné z: <https://encyklopediapožnania.sk/clanok/8709/objednavka>

Euroekonom, 2022. *Euroekonom* [online]. [cit. 2025-04-26]. Dostupné z: <https://www.euroekonom.sk/manazment-pripravy-vyroby/>

GELETA, Vojtech, Michal BACHRATÝ a Marian KRÁLIK, 2020. *TECHNOLÓGIA II: Technológia obrábania*. Bratislava. Publikácia. STU v Bratislave.

JUROVÁ, Marie, 2015. *Organizace přípravy výroby*. Vydání druhé, rozšířené a přepracované. Brno: Akademické nakladatelství CERM. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-5247-3.

Kitmondo, 2024. *ABENE VHF-360TI* [online]. [cit. 2025-05-05]. Dostupné z: <https://www.kitmondo.com/abene-vhf-360ti-p241112125/>

MANLIG, František, 2014. *Výrobní inženýrství – Řízení výroby*. Liberec. Technická univerzita v Liberci.

OUDOVÁ, Alena, 2016. *Logistika: základy logistiky*. Vydání druhé. Prostějov: Computer Media. ISBN 978-80-7402-238-8.

PERNICA, Petr, 1994. *Logistika: vymezení a teoretické základy*. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN 80-7079-820-3.

PÍŠKA, Miroslav, 2009. *Speciální technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-4025-8.

Rajnáradia, 2025. *Rajnáradia* [online]. [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://rajnaradia.sk/univerzalne-sklucovadlo-csn-243801-200-4-mm>

TechnikIndustry, 2017. *TechnikIndustry* [online]. [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://shop.technikindustry.sk/vakuova-upinacia-doska-raster-25mm-300x400x9mm-amf-39620300>

TOPTRANS, 2025. *TOPTRANS* [online]. [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://www.toptrans.cz/preprava/sk/vypocitejte-si-cenu-prepravy-vasi-zasilky>

ZSE, 2025. *ZSE* [online]. [cit. 2025-05-09]. Dostupné z: [https://www.zse.sk/dokumenty/cennik\\_firmy\\_ee.pdf](https://www.zse.sk/dokumenty/cennik_firmy_ee.pdf)

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1:Spracovaná súčiastka otočný spínač .....	25
Obrázok 2: Časť technického výkresu zadanej súčiastky.....	26
Obrázok 3: CNC frézka ABENE VHF-360TI.....	30
Obrázok 4: CNC frézka EDEL TABLEMILL .....	31
Obrázok 5: Ukážka univerzálneho sklučovadla.....	32
Obrázok 6: Ukážka vákuovej upínacej dosky.....	34
Obrázok 7: Zadaná súčiastka opracovaná v programe Heidenhain .....	37

## ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Zhrnutie údajov z pozemnej dopravy (TOPTRANS, 2025) .....	38
Tabuľka 2: Zhrnutie údajov z leteckej dopravy (DHL Express, 2025) .....	39
Tabuľka 3: Porovnanie technických údajov (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	41
Tabuľka 4: Porovnanie ekonomických údajov (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	47

## **ZOZNAM PRÍLOH**

<b>Príloha 1:Kompletný CNC program.....</b>	<b>I</b>
<b>Príloha 2: Výrobný výkres .....</b>	<b>II</b>

# PRÍLOHY

## Príloha 1:Kompletný CNC program

```
0 BEGIN PGM fabus MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-25 Y-25 Z-35
2 BLK FORM 0.2 X+25 Y+25 Z+0
3 TOOL CALL 15 Z S6400 F800 DL+0
  DR+0 DR2:+0
4 L X+0 Y+0 Z+50 R0 FMAX M3
5 CYCL DEF 257 KRUHOVY CEP
  Q223=+50 ;PRUMER OBROBKU
  Q222=+52 ;PRUMER POLTURU
  Q368=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU
  Q207=+2900 ;FREZOVACI POSUV
  Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
  Q201=-30 ;HLOUBKA
  Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU
  Q206=+2900 ;POSUV NA HLOUBKU
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
  Q370=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST.
  Q376=-1 ;STARTOVNI UHEL
6 CYCL CALL
7 L X+5 Y-40 Z-20 RR F AUTO
8 L Y+40 F AUTO
9 L X-5 FMAX
10 L Y-40 F AUTO
11 L Z+250 R0 FMAX M5 M9
12 TOOL CALL 35 Z S1900 F115
13 L X+0 Y+0 Z+50 R0 FMAX M3 M8

14 CYCL DEF 200 VRTANI
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
  Q201=-32 ;HLOUBKA
  Q206=+110 ;POSUV NA HLOUBKU
  Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU
  Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
  Q395=+0 ;REFERENCNI HLOUBKA
15 CYCL CALL
16 TOOL CALL 36 S2000 F110
17 L X+0 Y+0 Z+50 FMAX M3 M8
18 CYCL DEF 200 VRTANI
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
  Q201=-0.1 ;HLOUBKA
  Q206=+150 ;POSUV NA HLOUBKU
  Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU
  Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
  Q395=+0 ;REFERENCNI HLOUBKA

19 CYCL CALL
20 L Z+250 R0 FMAX M5 M9
21 M30
22 END PGM fabus MM
```

Príloha 2: Výrobný výkres

