



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY HŘÍDELE PŘEVODOVKY POHONU SNĚHOVÉ FRÉZY

DESIGN OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR A DRIVE TRANSMISSION SHAFT OF A SNOW BLOWER

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Ulak

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Ondřej Ulak**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Petra Sliwková, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh technologie výroby hřídele převodovky pohonu sněžové frézy

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V práci bude navržena výrobní technologie hřídele převodovky pohonu sněžové frézy se zohledněním množství kusů pro dané roky: 2024: 10.000 ks, 2025: 30.000 ks, 2026: 70.000 ks, 2027–2030: 100.000 ks, 2031–2033: 120.000 ks.

### Cíle bakalářské práce:

Rozbor obráběné součásti.  
Navržení výrobní technologie.  
Navržení výrobní plochy.  
Ekonomické vyhodnocení.  
Termínový plán.

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles. 2nd edition. New York Oxford University Press, 2005. 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem technologie výroby hřídele převodovky pro pohon sněžové frézy. Jejím cílem je kompletní návrh výroby včetně rozboru součástí, zvolení výrobní technologie a navržení výrobní plochy. Jednou z hlavních částí je také ekonomické vyhodnocení včetně termínového plánu. V průběhu práce je řešena volba polotovaru, řezných podmínek, obráběcích časů, kapacity strojů a návrh strojního vybavení. Z navržené technologie vyplývá, že hřídel lze obrobit ve dvou obráběcích operacích, soustružení a broušení. Projekt je ekonomicky rentabilní, návratnost investice je do 3 let od zahájení sériové výroby.

### **Klíčová slova**

Obrábění, hřídel, výrobní technologie, termínový plán, výrobní plocha

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design of the technology for the production of a gear shaft for the drive of a snow blower. Its aim is a complete production design including component analysis, selection of production technology and design of production area. One of the main parts is also an economic evaluation, including a time schedule. In the course of the work, the choice of blank, cutting conditions, machining times, machine capacity and the design of machinery are addressed. The proposed technology shows that the shaft can be machined in two machining operations, turning and grinding. The project is economically profitable, the return on investment is within 3 years from the start of mass production.

### **Keywords**

Machining, shaft, production technology, term schedule, production area

---



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ULAK, Ondřej. *Návrh technologie výroby hřídele převodovky pohonu sněhové frézy* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149062>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Petra Sliwková.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby hřídele převodovky pohonu sněhové frézy vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 17.4.2023

-----  
místo, datum

-----  
Ondřej Ulak

---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

---

---

## OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD .....	9
1 ROZBOR OBRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....	10
1.1 Použití součásti .....	11
1.2 Popis obráběné součásti.....	12
1.3 Materiál a polotovar součásti.....	13
1.4 Tepelné zpracování.....	14
2 NAVRŽENÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE .....	15
2.1 Sled jednotlivých operací .....	16
2.2 Navržení řezných podmínek a strojních časů .....	17
2.3 Návrh strojního vybavení .....	20
2.4 Návrh a použití měřicích přístrojů a měřidel .....	22
3 NAVRŽENÍ VÝROBNÍ PLOCHY .....	24
3.1 Potřebný počet strojů .....	25
3.2 Stanovení rozmístění strojů pro jednotlivé roky.....	26
3.3 Stanovení počtu pracovníků se zohledněním vícestrojových obsluh .....	29
4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ .....	30
4.1 Výše potřebné investice.....	30
4.2 Ostatní náklady .....	31
5. TERMÍNOVÝ PLÁN .....	34
ZÁVĚR.....	35

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů

Seznam příloh

---

## ÚVOD

V dnešním průmyslovém světě jsou rotační součásti důležitou součástí mnoha strojů a zařízení. Mezi takové díly patří například hřídele, ložiska, ozubená kola, řemenice, rotory a mnoho dalších. Tyto součásti se vyrábí z různých materiálů a podléhají definovaným požadavkům na přesnost, trvanlivost a spolehlivost.

Jedna z nejčastěji používaných rotačních součástí je hřídel. Hřídele jsou velmi důležitou rotační součástí ve strojírenství a jsou využívány v široké škále aplikací. Podle použití mohou nabývat různých rozměrů a tvarů (obr. 1). Pro přenos krouticího momentu mohou také obsahovat drážky pro pera nebo klíny (obr. 2). V určitých případech může být přenos krouticího momentu realizován také pomocí kolíku.

V práci je nejdříve proveden rozbor a popis obráběné součásti společně s jejím využitím v praxi. Na prvotní analýzu navazuje volba vhodného materiálu a polotovaru. Každá výroba obsahuje specifickou výrobní technologii, která zahrnuje sled jednotlivých obráběcích operací. Pro splnění předepsaných tolerancí i hodnot je řešen koncept potřebného strojního a měřicího vybavení.

Další problematika se zabývá návrhem potřebné výrobní plochy. Do problému spadá zvolení vhodného počtu strojů, toku materiálu a stanovení počtu pracovníků. Bude stanoveno zjednodušené ekonomické vyhodnocení zahrnující potřebné investice a další náklady. Pro dosažení cílů je vypracován termínový plán časové náročnosti celkové realizace tohoto projektu.



Obr. 1 Vačková hřídel [1].



Obr. 2 Hřídel s drážkou pro pero [2].

## 1 ROZBOR OBRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

Rozbor obráběné součásti patří mezi důležitou část návrhu výrobního procesu, který umožní přesně pochopit a popsat požadavky na výsledný produkt. Aby byl výrobek po konstrukčním návrhu vyrobitelný, musí se provést kontrola parametrů technologičnosti. Pokud se při této kontrole zjistí, že výrobek nelze současnými technologickými postupy vyrobit nebo by to bylo příliš nákladné, je nutné co nejdříve kontaktovat oddělení konstrukce. S konstruktéry je třeba projednat, zda je možné výkresové požadavky ještě upravit tak, aby byla zajištěna nejenom vyrobitelnost, ale také ekonomičnost. To je důležité udělat ještě ve fázi plánování výroby. Každá součást má jiné využití, a z tohoto důvodu je důležité dbát na požadovanou přesnost, spolehlivost a kvalitu. Pro všechny výrobky je nutné zvolit vhodný materiál a druh polotovaru. Je třeba také navrhnout vhodné tepelné zpracování materiálu, jako je například cementování a následné kalení. [3]

Rozbor mimo jiné umožňuje optimalizovat výrobní procesy a zajistit splnění požadavků a specifikací dané aplikace. Pokud by během rozboru byly zjištěny nějaké nedostatky nebo problémy, mohou být opraveny ještě před samotnou výrobou. Důležitou součástí je také kontrola kvality během celého procesu. To zahrnuje kontrolu surovin, obráběcích procesů a dalších faktorů, které mohou ovlivnit kvalitu výsledného produktu. Kontrola kvality umožňuje identifikovat a odstranit problémy co nejdříve, což může snížit náklady a zároveň zvýšit spokojenost zákazníků. [3]

Další významnou součástí rozboru je také specifikace použití výrobku. Pro každou specifikaci se navrhuje odlišné průměry, délky, tolerance a úchytky. Různé aplikace mohou také vyžadovat speciální vlastnosti, jako je například odolnost vůči opotřebení nebo tepelná stabilita.

V průmyslové výrobě je obvyklé použití automatizovaných systémů pro kontrolu kvality. Ty mohou rychle a spolehlivě provádět měření a testování výrobků. Tyto systémy mohou také sbírat a analyzovat data, což umožňuje identifikovat potenciální problémy a přijímat rychlá rozhodnutí pro jejich řešení.

Tato bakalářská práce se zabývá obráběním rotační součástí, která je zobrazena na obr. 3. Jedná se o hřídel o celkové délce 136 mm a maximálním průměru 38 mm. Hmotnost finálního výrobku je 0,6 kg. Tyto celkové rozměry a hmotnost mají zásadní vliv na volbu vstupního polotovaru, obráběcích strojů, měřících přístrojů a také na volbu transportních prostředků. To, že se jedná o rotační součást již zhruba definuje, jaké typy strojů a měřících přístrojů bude nutné použít. Pro tento výrobek budou postupně rozebrány technologické i výrobní aspekty.



Obr. 3 Vyráběná hřídel se znázorněním hlavních rozměrů.

## 1.1 Použití součásti

Hřídel, kterým se zabývá tato bakalářská práce, je určený pro sněhovou frézu od firmy VARI, a. s. (obr. 4). Jedná se o českou firmu z Libice nad Cidlinou zaměstnávající 95 lidí. Jelikož byla založena v roce 1969, váže se k ní dlouholetá tradice. Vyrábí travní traktory, sekačky, stavebnicové systémy, tlakové myčky, čerpadla na vodu a mnoho dalších produktů. Sněhová fréza obsahující ozubenou spirálu patří do stavebnicového systému VARI. [4]

Firma má vlastní moderní práškovou lakovnu, CNC (Computer Numeric Control) soustruhy, speciální stroj pro lisování šneků do převodovek, manipulátory na montážních linkách, laser na řezání tvarově složitých plechových dílů, CNC ohraňovací lis a další vybavení. Pod značkou VARI nabízí i zboží, které firma sama nevyrábí. Pečlivě si vybírá dodavatele, a pokud se rozhodne jakémukoliv výrobku propůjčit jejich značku, nese plnou odpovědnost za kvalitu výrobku. Na tyto výrobky poskytuje servis a zajišťuje dodávky náhradních dílů. [4]

Z důvodu zajištění kvality výrobků je tato firma 100% vlastníkem všech forem a přípravků. Pokud přistoupí na výrobní spolupráci či výrobní kooperaci s jinou firmou, užívá své formy na odlitky, lisované díly, plastové kryty, přípravky a formy na kované nože rotavátoru. Všechny takové díly lze rozpoznat podle signatury značky firmy na uvedených komponentech. Každý výrobek VARI s motorem je na konci výroby nastartován, seřízen a vyzkoušen. [5]

Vybraná hřídel je součástí převodové skříně DSK-316.1PSVN, která je umístěna ve stavebnicovém modulu pohonu SF55 (obr. 5). Výkres sestavy převodové skříně je zobrazen na přiloženém výkresu, kde je vyráběný hřídel označen červeným oválem. Z tohoto výkresu a kusovníku vyplývá, že na průměrech 25 mm budou nalisována ložiska. Na levé straně hřídele na průměru 20 mm bude ozubené kolo. Přenos krouticího momentu na ozubené kolo bude prostřednictvím pera, které bude v drážce na hřídeli. Průměr 20 mm na pravé straně hřídele je pro spojku. Přenos krouticího momentu je opět pomocí pera umístěného v drážce. [5]

Výkres hřídele nebyl na stránkách výrobce k dispozici. Byl vytvořen pro potřeby této bakalářské práce. Navržený výrobní výkres, který je zobrazen na přiloženém výkresu, vychází z výkresu sestavy poskytnutého od výrobce. Sestava definuje umístění ložisek, ozubeného kola, spojky a dalších prvků. Z jejich umístění vychází požadavky na rozměry, tolerance, geometrické úchyly a drsnosti. Dále byly zohledněny technologické požadavky jako jsou středící důlky, nebo zápichy.



Obr. 4 Sněhová fréza [6].



Obr. 5 Pohon SF55 [7].

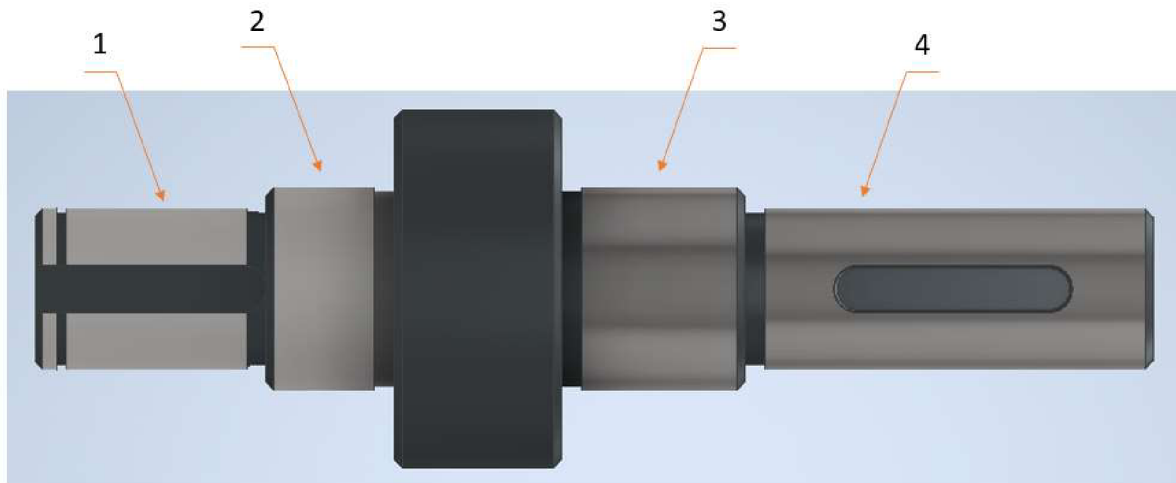


## 1.2 Popis obráběné součásti

Pojem technologičnost lze chápat jako souhrn všech vlastností konstrukce, které mají za úkol zabezpečit funkčnost, hospodárnost a časově nenáročnou výrobu. Technologičnost je u každé konkrétní součásti specifická a je podmíněná plněním stanovených pracovních úkonů stroje. Posouzení technologičnosti součásti se provádí z důvodů ověření vyrobiteľnosti, ceny a dosažení předepsaných rozměrů, tvarů a povrchů. [8]

Mezi hlavní zásady technologičnosti patří dodržení stanovených výkresových rozměrů a důležitá je také vhodná volba výchozího polotovaru. Podstatné je i dodržení tvaru, předepsané geometrie a jakosti. Je třeba obrábět pouze funkční a technologické plochy. U součásti by neměly být předepsané kvalitnější drsnosti povrchu, než jsou potřeba pro správnou funkci. [8]

V této bakalářské práci je řešena stupňovitá hřídel, která je na obou koncích oboustranně osazená stejnými průměry. Pro dosažení funkčnosti výrobku jsou u ložiskových průměrů kladeny vysoké požadavky na jakost povrchu. To, že je součást tvořena pouze válcovými plochami, usnadňuje celkové obrábění. Na obr. 6 jsou znázorněny funkční plochy, které jsou klíčové pro splnění výsledných požadavků.



Obr. 6 Znázornění funkčních ploch.

Hřídel obsahuje hned několik funkčních ploch. Každá z nich představuje důležitý faktor pro splnění funkčnosti konstrukce. Na obráběné součásti lze najít přesně čtyři funkční plochy, které jsou detailně rozebrány níže:

- První plocha - pro přenos krouticího momentu na ozubené kolo je zde vyfrézovaná drážka pro pero. Ozubené kolo bude zajištěno pojistným kroužkem, pro který je vysoustružena drážka. Z levé strany je sražená hrana pro snadnou manipulaci a nasazení. Na pravé straně je třeba udělat technologický zápich, aby bylo možné danou plochu brousit bez kolize.
- Druhá plocha - jedná se o průměr, na kterém bude nalisováno ložisko. Pro snadnější nasazení je z levé strany sražená hrana. Na pravé části je vysoustružený technologický zápich, aby kotouč při broušení nezpůsobil kolizi.
- Třetí plocha - na tomto průměru bude nalisováno ložisko a nasazen těsnící kroužek. Pro jejich nasazení bez značných obtíží je z pravé strany sražená hrana. Na levé straně je třeba technologického zápichu, který umožňuje finální obrobení plochy.
- Čtvrtá plocha - je zde vyfrézovaná drážka pro přenos momentu pomocí pera. Na levé části je vysoustružen technologický zápich, stejně jako u ostatních ploch. Na pravé straně je sražená hrana, aby se ulehčilo následné nasazení spojky.



### 1.3 Materiál a polotovár součásti

#### Materiál

Jako výchozí materiál byla zvolena ocel C45R (ČSN EN 10083-2), která patří do třídy oceli 12. Její přesné mechanické a chemické vlastnosti jsou uvedeny v tab. 1 a tab. 2 a materiálový list lze nalézt v příloze 1. Jedná se o nelegovanou ušlechtilou jakostní ocel vhodnou k zušlechťování a k povrchovému kalení. [9]

Často je používána pro výrobu méně namáhaných strojních dílů v zušlechťeném nebo normalizačně žíhaném stavu. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti je dosaženo v zakaleném a následně popuštěném stavu. Pokud je díl tvarově složitý, používá se metoda kalení do oleje pro zamezení vzniku trhlin. Tato ocel je vhodná i k povrchovému kalení pomocí plamene nebo indukci. [9]

Tab. 1 Mechanické vlastnosti oceli v zušlechťeném stavu [9].

Mechanické vlastnosti					
Průměr hřídele	Re min.	Rm	A min.	Z min.	KV min.
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[J]
16–40	430	650–800	16	40	25

Tab. 2 Chemické složení oceli v hmotnostních % [9].

Chemické vlastnosti								
C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni
0,42–0,50	0,40	0,50–0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63

#### Polotovár

Při volbě polotovaru je nutné zohlednit technologické a ekonomické hledisko. Polotovár může být buď výkovek, nebo se může soustružit přímo z kruhové tyče. Pro tuto práci byla zvolena kruhová tyč. Důvodem byl menší počet kusů, pro který se použití výkovku nevyplatí. Zároveň soustružení z tyče plně využije výhody tyčového automatického soustruhu s dvěma vřeteny. Odpadne dělení materiálu před soustružením, a protože soustruh výrobek z tyče i upíchne, je minimalizován odpad.

Důležité je již ve stádiu plánování zvážit celkovou délku použité vstupní tyče, protože tato délka následně definuje použitý podavač. Ten se člení do dvou základních druhů. Jsou to podavače krátkých tyčí a podavače tyčí dlouhých délek. Vzhledem k tomu, že v tomto konkrétním případě je dostatek prostoru v bezprostředním okolí stroje, byl vybrán podavač dlouhých tyčí. Toto řešení zajišťuje dlouhý chod stroje na jednu tyč a zároveň minimalizuje vzniklý odpad na jejím konci. Proto jako polotovár byla zvolena ocelová kruhová tyč  $\varnothing 40 - 6000$  s označením EN 10060. [10]

Byla vybrána tyč válcovaná za tepla. Tato volba byla učiněna kvůli úspoře finančních prostředků, protože tyče tažené za studena jsou podstatně dražší. Zároveň se využívají hlavně v případech, kde podstatná část povrchu součásti už nebude obráběna. Požadovaný polotovár s navrženými rozměry může dodat například firma Feron a.s. Cena se dle aktuálního ceníku z roku 2023 pohybuje okolo 43 Kč za kilogram materiálu. Hmotnost jedné šestimetrové tyče je 59,16 kg. [11]

## 1.4 Tepelné zpracování

Pro zlepšení mechanických vlastností je třeba hřídel po obráběcím procesu tepelně zpracovat. Toho bude docíleno pomocí cementování a následného kalení. Tepelné zpracování se u každého materiálu liší, vhodné teploty pro zvolený materiál C45R (ČSN EN 10083-2) jsou uvedeny v tab. 3. Je třeba zdůraznit, že teplota kalení při dolní hranici se doporučuje pro kalení do vody a horní hranice při kalení do oleje. Jako kalicí prostředí zde lze použít i syntetické kapaliny. [9]

Tab. 3 Tepelné zpracování oceli [9].

Tepelné zpracování [°C]			
Normalizační žihání	Žihání na měkko	Teplota kalení	Teplota popouštění
840–880	650–700	820–860	550–660

### Význam cementování

Jedná se o označení procesu, kdy se povrch součásti nasatí uhlíkem. Jedna z hlavních výhod cementování a následného kalení je možnost dosáhnout toho, že materiál bude mít vysokou tvrdost a zároveň i houževnatost. U navržené hřídele to znamená, že její povrch, který je nasycen uhlíkem, bude mít po zakalení dobrou tvrdost a odolnost proti opotřebení. Jádro hřídele, které není nasyceno uhlíkem, zůstane houževnaté, což zajistí, že hřídel nebude křehká a při zatížení se nezломí. [12]

### Význam kalení

Kalení patří mezi hlavní procesy tepelného zpracování. Jeho hlavní význam spočívá ve zvýšení tvrdosti a pevnosti oceli. Kalení zároveň umožňuje takzvané tvrdé obrábění, jako je například broušení nebo honování. Tyto obráběcí operace umožňují dosáhnout vysoké přesnosti rozměrů, geometrických úchylek i jakosti povrchu materiálu, což by bez kalení nebylo možné. [12]

### Navržené tepelné zpracování pro vybranou součást

- Cementování: nasycení minimálně 0,2 % uhlíku
- Martenzitické kalení při teplotě 860 °C do oleje
- Popouštění při teplotě 600 °C

Navržené hodnoty tepelného zpracování musí být ověřeny zkouškou kalení. Během ní se ověří dosažené tvrdosti, hloubka prokalení a další hodnoty. Na základě těchto měření se dokorigují navržené hodnoty teplot a parametry cementování. Následně se stanoví i tolerance jednotlivých předepsaných hodnot. Pro zadanou součást bude tepelné zpracování provádět externí firma z důvodu úspory investičních prostředků. [9; 12]

Vzhledem k tomu, že se budou brousit pouze rotační plochy (obrobení čela proběhne již při měkkém obrábění), dalo by se alternativně použít i indukční kalení. Při tomto procesu se povrch hřídele krátce nahřeje pomocí cívky induktoru a následně se prudce ochladí proudem vody nebo oleje. Jednou z výhod indukčního kalení je, že zajišťuje tvrdý zakalený povrch výrobku a zároveň jeho měkké jádro. Další nezanedbatelnou výhodou je nízká cena tohoto procesu. V předvýrobní fázi by bylo výhodné vyzkoušet obě metody kalení a následně je porovnat. Do výrobního procesu pak nasadit metodu, která bude vyhodnocena jako výhodnější, a to nejenom z ekonomického hlediska, ale také z hlediska finální kvality výrobku. [9; 13]

## 2 NAVRŽENÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Technologický postup je velmi důležitou součástí výrobního procesu ve strojírenské oblasti. Jde o systematické kroky, které určují, jakým způsobem se výrobek postupně vyrábí. Zároveň specifikuje operace, které musí být provedeny při výrobě daného produktu. Také určuje, jaké nástroje, stroje, měřidla a zařízení jsou potřebné k úspěšné výrobě. [3]

Technologický postup zahrnuje ve strojírenském oboru spoustu různých oblastí, jako například návrh konstrukce, výroba, montáž a údržba. Také pomáhá zajistit, že výrobní proces je efektivní, rychlý a kvalitní. Výrobní technologický postup obvykle zahrnuje tyto kroky: [14;15]

- Navržení výrobního procesu - klíčovým krokem je navržení procesu, který bude potřebný pro výrobu daného výrobku. Tento krok zahrnuje výběr vhodných pracovních postupů, přípravu výrobních plánů a časových harmonogramů.
- Kontrola materiálu - u součásti je nutné určit, jaký materiál bude použit při výrobě výrobku. To zahrnuje výběr správného materiálu, jeho kontrolu kvality a další přípravu pro další zpracování.
- Obrábění - je třeba navrhnout, jakými metodami výrobek obrábět, popřípadě jak ho dále zpracovávat. Mezi obvyklé metody patří řezání, soustružení, frézování, vrtání a broušení. Výběr správných obráběcích strojů a nástrojů je klíčový pro úspěšnou výrobu bez zmetků.
- Kontrola kvality - po dokončení jednotlivých kroků je nutné ověřit, že výroba proběhla v souladu se všemi specifikacemi. To zahrnuje kontrolu veškerých výrobních procesů, funkčních rozměrů, pevnosti a dalších podstatných vlastností výrobku.
- Montáž - pokud je produkt složen z více částí, je třeba provést montáž a zároveň ověřit jejich smontovatelnost.
- Analýza výrobního procesu - zahrnuje veškerou identifikaci procesů, které jsou nezbytné pro výrobu daného produktu a zhodnocení, jak lze tyto procesy optimalizovat. Optimalizace se provádí pro zlepšení kvality, efektivity a snížení výrobních nákladů.
- Dokumentace a archivace - je důležitá pro budoucí produkci podobných produktů. Zahrnuje technické výkresy, popisy všech procesů, seznamy potřebných materiálů, nástrojů, měřidel a další informace. Dokumentace umožňuje opakované použití výrobního procesu pro stejné nebo podobné produkty, což snižuje jejich náklady na vývoj a výrobu.

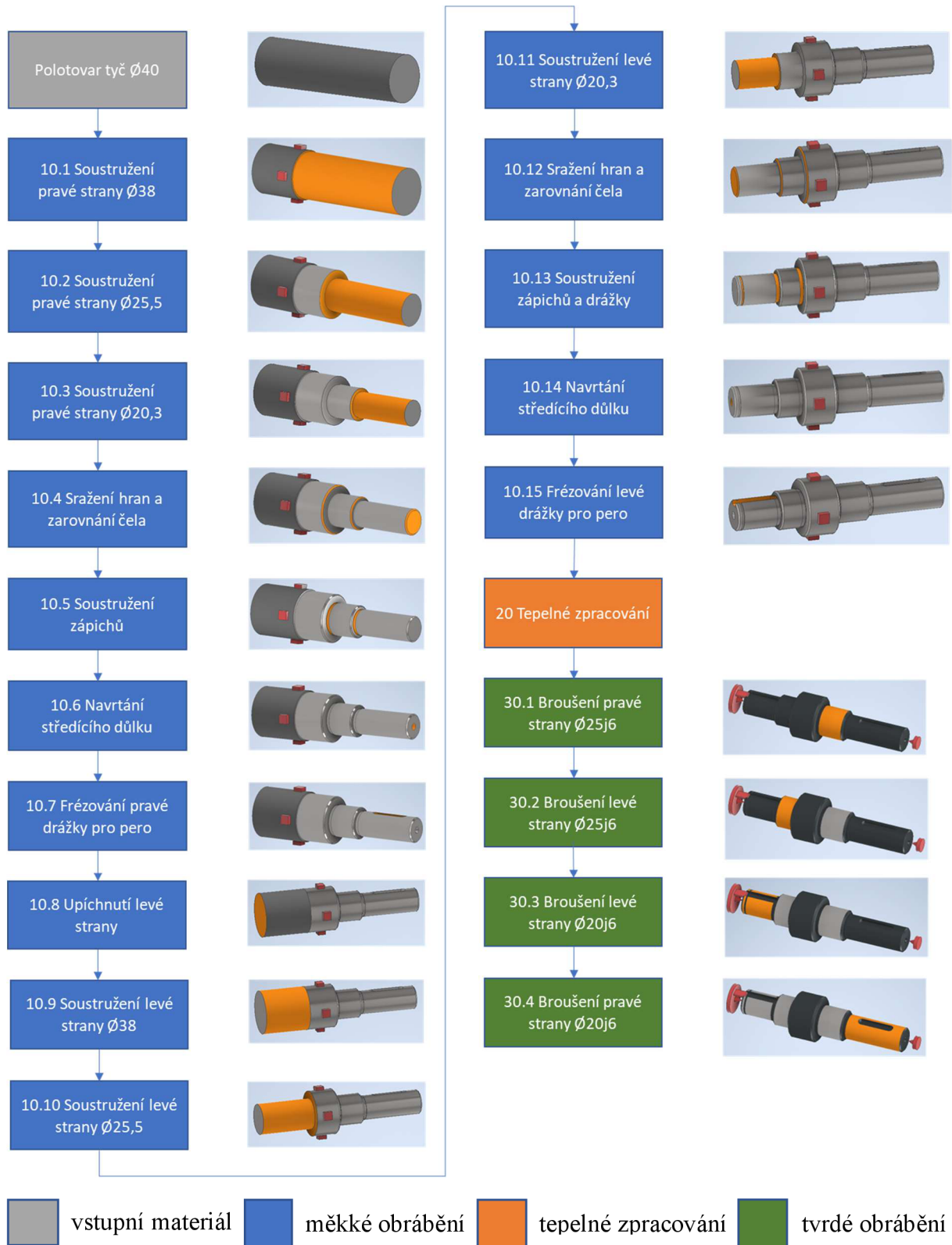
V praxi se technologický postup používá pro různé druhy strojních dílů, elektronických komponent, nářadí, autodílů a mnoha dalších. U zadané hřídele je detailněji rozebrána problematika výrobního procesu. Na ten se váže správná volba nástrojů, strojního vybavení, řezných podmínek a vhodných měřidel. [15]

Výrobek do procesu vstupuje jako šestimetrová tyč od dodavatele. Ta bude nejdříve soustružena na tyčovém automatickém soustruhu. Tyč bude procházet hlavním vřetenem a nejdříve se obrobí pravá část obrobku. Následně se obrobek přeupne do protivřetena, upíchno se a obrobí se levá část součásti. V době přeupnutí drží výrobek v jednu chvíli obě vřetena. Po upíchnutí se cyklus začne opakovat. Hlavní vřeteno nečeká na dokončení práce vedlejšího vřetena, ale začne již obrábět další kus. Díky jejich souběžné práci se šetří obráběcí čas. Pro lepší zakládání tyčí bude použit speciální automatický podavač.

Před kalením je nutno součásti vyprat. Vzhledem ke zvolenému kalení u externí firmy se kvůli ochraně proti korozi při transportu počítá s vypráním až těsně před kalením. Bude použita průmyslová pračka, která je u dodavatele tepelného zpracování. Po jeho provedení se výrobek dokončí pomocí broušení s upnutím mezi dvěma hroty.

## 2.1 Sled jednotlivých operací

Na obr. 7 je schematicky zobrazen sled jednotlivých operací od vstupního materiálu (tyč) až po finální hřídel. Červená barva zde označuje upnutí, oranžová barva znázorňuje obráběné plochy. Tmavě šedá barva značí základní polotovary, světle šedá zobrazuje plochy po obrobení a černá označuje materiál po zakalení.



Obr. 7 Schéma sledu jednotlivých operací.



## 2.2 Navržení řezných podmínek a strojních časů

Vhodná volba řezných podmínek a strojních časů je důležitým krokem v procesu výroby dílů či součástek. Má velký vliv na výslednou efektivitu a na výrobní náklady, které rostou společně s vzrůstajícím strojním časem. Neoptimální podmínky vedou k nekvalitnímu výrobku, zhoršenému výkonu stroje a zkrácené životnosti nástrojů. Také přispívají ke zhoršené kvalitě povrchu, která pokud není dodržena, nemůže splnit funkčnost daného dílce.

### Soustružení

Pro návrh řezných podmínek byl využit katalog od firmy Seco Tools CZ, s.r.o [16]. Materiál, z kterého je hřídel vyráběna, nese v katalogu označení P3 - cementační ocel. Pro jeho obrábění byla zvolena třída břitových destiček PVD (Physical Vapour Deposition) s označením CP500. V tab. 4 jsou znázorněny oranžovou barvou vybrané doporučené hodnoty řezné rychlosti a posuvu pro podélné obrábění. Veškeré řezné rychlosti a posuvy pro všechny materiály jsou uvedeny v příloze 2. Pro navržení dalších řezných podmínek, například pro zarovnání čela nebo frézování, byla využita online aplikace od firmy Seco Tools CZ, s.r.o [17].

Tab. 4 Vybrané doporučené řezné podmínky [16].

Vybrané doporučené hodnoty					
Materiál polotovaru	Třída břitových destiček	CW=2		CW=3	
		f	$v_c$	f	$v_c$
P1	-FT CP500	0,085	235	0,16	185
P2	-FT CP500	0,085	230	0,16	180
P3	-FT CP500	0,085	200	0,15	160

Určení otáček u soustružnických operací dle vztahu [16]:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (2.1)$$

kde: n - otáčky vřetena [ $\text{min}^{-1}$ ]

$v_c$  - řezná rychlost [m/min]

$D_c$  - průměr obrobku [mm]

Příklad výpočtu otáček dle vzorce 2.1 pro číslo operace 10.1:

$$n = \frac{160 \cdot 1000}{\pi \cdot 40} = 1\,274 \text{ min}^{-1}$$

Určení strojního času u podélného soustružení dle vztahu [18]:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (2.2)$$

kde:  $t_{AS}$  - strojní čas [min]

L - délka dráhy nástroje [mm]

i - počet třísek [-]

f - posuv na otáčku [mm]

Příklad výpočtu strojního času dle vzorce 2.2 pro číslo operace 10.1:

$$t_{AS} = \frac{91 \cdot 1}{1\,274 \cdot 0,15} = 0,476 \text{ min}$$

Z dostupných řezných podmínek byla navržena tab. 5 a následně vypočten celkový čas obrábění. Souhrnný čas všech operací pro soustružení je 4,22 minut. Vedlejší interval pohybů byl zvolen jako 25% část ze součtu všech časových úseků soustružení.

Tab. 5 Řezné podmínky soustružnických operací.

č. op.	popis	hrubování/ na čisto	úběr	počet trýsek	průměr	délka	řezná rychlost	otáčky	posuv	posuv	strojní čas
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/min]	[min <sup>-1</sup> ]	[mm]	[mm/min]	[min]
10.1	Soustružení pravé strany Ø38	hrubování	1,00	1	40,0	91,0	160	1 274	0,150		0,476
		na čisto	0,00	0	-	-					
10.2	Soustružení pravé strany Ø25,5	hrubování	5,00	2	38,0	74,0	160	1 341	0,150		0,736
		na čisto	1,25	1	28,0	74,0	200	2 275	0,085		0,383
10.3	Soustružení pravé strany Ø20,3	hrubování	2,00	1	25,5	51,0	160	1 998	0,150		0,170
		na čisto	0,60	1	21,5	51,0	200	2 963	0,085		0,203
10.4	Sražení hran a zarovnání čela		2,00	1	-	10,0	222	7 000	0,700		0,002
10.5	Soustružení zápichů		0,30	2	20,3	0,3	115	1 804	0,140		0,002
10.6	Navrtání středícího důlku										0,016
10.7	Frézování pravé drážky pro pero		3,80	1	-	30,0	37,6	3 000	-	384	0,078
10.8	Upíchnutí levé strany										
10.9	Soustružení levé strany Ø38	hrubování	1,00	1	40,0	62,0	160	1 274	0,150		0,324
		na čisto	0,00	0	-	-					
10.10	Soustružení levé strany Ø25,5	hrubování	5,00	2	38,0	45,0	160	1 341	0,150		0,447
		na čisto	1,25	1	28,0	45,0	200	2 275	0,085		0,233
10.11	Soustružení levé strany Ø20,3	hrubování	2,00	1	25,5	29,0	160	1 998	0,150		0,097
		na čisto	0,60	1	21,5	29,0	200	2 963	0,085		0,115
10.12	Sražení hran a zarovnání čela		2,00	1	-	10,0	222	7 000	0,700		0,002
10.13	Soustružení zápichů a drážky		0,30	3	20,3	0,3	115	1 804	0,140		0,004
10.14	Navrtání středícího důlku										0,016
10.15	Frézování levé drážky pro pero		3,80	1	-	29,0	37,6	3 000	-	384	0,076

## Broušení

Z katalogu firmy Tyrolit CEE k.s byl vybrán brousicí kotouč o celkovém průměru 400 mm a šířce 30 mm určený pro řeznou rychlost 50 m/s [19]. Průměr 20j6 s délkou 50 mm bude broušen s axiálním posunem, zbylé tři průměry se budou brousit zapichovacím způsobem. Axiální posuv  $f_a$  byl zvolen jako násobek v rozmezí 0,3–0,7 celkové šířky kotouče. U zapichovacího broušení byla použita pouze část vzorce (bez  $l_a$  a  $f_a$ ) [21].

Určení otáček brousicího kotouče dle vztahu [20]:

$$n_k = \frac{60\,000 \cdot v_k}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (2.3)$$

kde:  $n_k$  - otáčky brousicího kotouče [ $\text{min}^{-1}$ ]

$v_k$  - řezná rychlost na obvodu brousicího kotouče [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$D$  - průměr brousicího kotouče [mm]

Příklad výpočtu otáček brousicího kotouče dle vzorce 2.3 pro operaci 30.1:

$$n_k = \frac{60\,000 \cdot 50}{\pi \cdot 400} = 2\,389 \text{ min}^{-1}$$

Určení jednotkového strojního času broušení dle vztahu [21]:

$$t_{AS} = \frac{l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{2 \cdot f_r} \quad [\text{min}] \quad (2.4)$$

kde:  $l_a$  - dráha pohybu stolu brusky v axiálním směru [mm]

$f_a$  - axiální posuv stolu brusky [mm]

$n_w$  - otáčky obrobku [ $\text{min}^{-1}$ ]

$p$  - přídavek na broušení vztažený na průměr [mm]

$f_r$  - radiální posuv stolu brusky vztažený na jeden axiální zdvih stolu [mm]

Příklad výpočtu strojního času dle vzorce 2.4 pro číslo operace 30.4:

$$t_{AS} = \frac{51}{15 \cdot 90} \cdot \frac{0,2}{2 \cdot 0,02} = 0,19 \text{ min}$$

Následně byla vytvořena tab. 6, ve které jsou zobrazeny vstupní hodnoty brousicího kotouče. Pro hodnoty řezných podmínek byla vytvořena tab. 7, ze které vyplývá celkový čas broušení jednoho dílce. Souhrnný čas všech operací pro broušení je 0,9 minuty. Vedlejší interval pohybů byl zvolen jako 25% část ze součtu všech časových úseků broušení.

Tab. 6 Vstupní hodnoty brousicího kotouče [19,20].

č. op.	popis		přídavek	broušení zápich / axiální (rozjždění)	obráběná	řezná rychlost	průměr kotouče	šířka kotouče	otáčky kotouče
			na $\emptyset$ [mm]		délka [mm]				
30.1	Broušení $\emptyset 25\text{m}6$ pravý	hrubování na čisto	0,5	Z	-	50	400	30	2389
30.2	Broušení $\emptyset 25\text{m}6$ levý	hrubování na čisto	0,5	Z	-	50	400	30	2389
30.3	Broušení $\emptyset 20\text{j}6$ levý	hrubování na čisto	0,3	Z	-	50	400	30	2389
30.4	Broušení $\emptyset 20\text{j}6$ pravý	hrubování na čisto	0,3	A	51	50	400	30	2389

Tab. 7 Řezné podmínky operace broušení [21].

č. op.	popis		otáčky obrobku	axiální posuv stolu $f_a$	radiální posuv stolu $f_r$	Počet třísek	hloubka řezu	$T_{as}$	$T_{as}$
			[ $\text{min}^{-1}$ ]	[mm]	[mm]		[mm]	[min]	[sec]
30.1	Broušení $\varnothing 25\text{m}6$ pravý	hrubování	90		0,020	10	0,20	0,11	6,7
		na čisto			0,005	10	0,05	0,03	1,7
30.2	Broušení $\varnothing 25\text{m}6$ levý	hrubování	90		0,020	10	0,20	0,11	6,7
		na čisto			0,005	10	0,05	0,03	1,7
30.3	Broušení $\varnothing 20\text{j}6$ levý	hrubování	90		0,020	5	0,10	0,06	3,3
		na čisto			0,005	10	0,05	0,03	1,7
30.4	Broušení $\varnothing 20\text{j}6$ pravý	hrubování	90	15	0,020	5	0,10	0,19	11,3
		na čisto		9	0,005	10	0,05	0,16	9,4

### 2.3 Návrh strojního vybavení

Pro dosažení předepsaných výrobních tolerancí a pro funkčnost součásti je třeba navrhnout vhodné strojní vybavení pro její obrábění. Mezi hlavní faktory výběru patří zohlednění požadavků dané produkce, výkonnost strojů, spolehlivost a efektivita. Pro výrobu zvolené hřídele byly vybrány následující stroje:

- **CNC soustruh CCM-SY2-42E** - pro veškeré soustružnické operace, frézování drážek a navrtání středících důlků byl vybrán tento CNC soustruh (obr. 8) švýcarského typu. Jedná se o stroj od firmy Chiah Chyun Machinery Co., Ltd., který je vybaven dvěma vřeteny umístěnými naproti sobě pro snadné přeupnutí. Tento systém umožňuje snížení nákladů a spotřebu materiálu, protože tyče se využijí téměř celé a není třeba je dělit řezáním. Jeho nástrojová soustava může obsahovat až 17 aktivních nástrojů. Hlavní technické parametry stroje jsou uvedeny v tab. 8. [22]



Obr. 8 CNC soustruh CCM-SY2-42E [22].

Tab. 8 Technické parametry stroje CCM-SY2-42E [22].

CCM-SY2-42E					
Maximální $\varnothing$ průchodu vřetenem	Maximální obráběná délka	Výkon hlavního motoru vřetene	Maximální otáčky hlavního vřetene	Váha stroje	Rozměry stroje (d x š x v)
[mm]	[mm]	[kW]	[ $\text{min}^{-1}$ ]	[kg]	[mm]
42	320	7,5	6 000	6 300	3 649 x 1803 x 1977



- **Automatický podavač tyčí BOSS 552 HD** - pro bezpečnou manipulaci s tyčemi byl zvolen tento podavač (obr. 9) s jedním vřetenem. Zakladač tyčí je vyroben od firmy IEMCA, s.r.o. a je kompatibilní s vybraným CNC soustruhem. Jeho hlavní technické parametry jsou uvedeny v tab. 9. [23]



Obr. 9 Podavač tyčí BOSS 552 HD [23].

Tab. 9 Technické parametry stroje BOSS 552 HD [23].

BOSS 552 HD				
Ø kulaté tyče	Délka tyčí	Celková hmotnost podavače	Rychlost posunu	Instalovaný výkon
[mm]	[mm]	[kg]	[mm/sec]	[kW]
5–51	700–6 380	650	750	2

- **Hrotová bruska EJ 10** - pro finální dokončení obvodových ploch byla vybrána tato hrotová bruska (obr. 10) od firmy Erwin Junker Grinding Technology a.s. Tento stroj nabízí vnější kruhové nebo šikmé broušení pomocí zápichu. Může být vybaven brusivem CBN (Cubic Boron Nitride) pro vysokorychlostní broušení nebo též korundovými brusnými kotouči. Tato bruska bude také vybavena automatickým nakládacím systémem od stejné firmy. Její hlavní technické specifikace jsou uvedeny v tab. 10. [24]



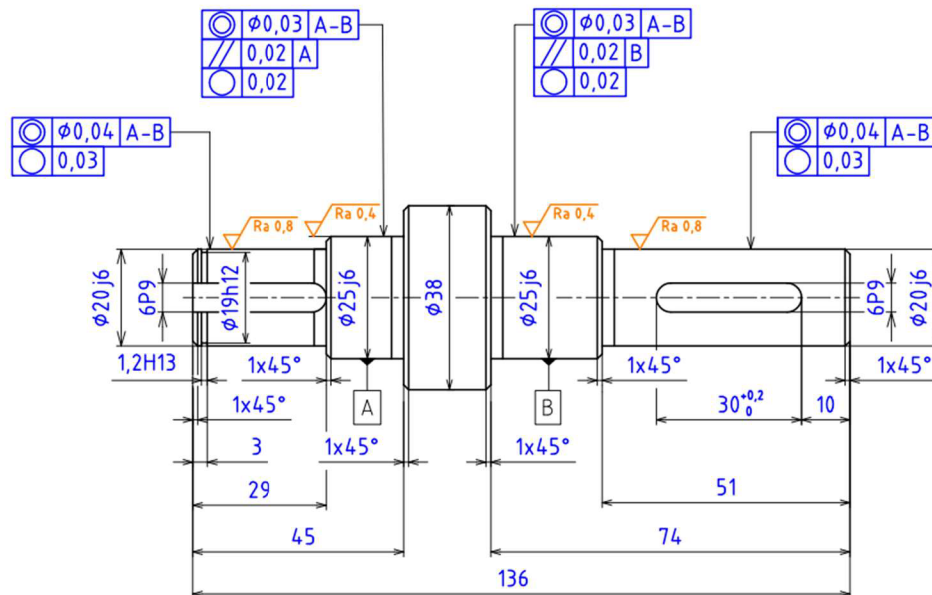
Obr. 10 Hrotová bruska EJ 10 [24].

Tab. 10 Technické parametry stroje EJ 10 [24].

EJ 10				
Délka upnutí	Maximální Ø brousícího kotouče	Maximální oběžný Ø	Hmotnost stroje	Rozměry stroje (š x v x h)
[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[mm]
150	400	80	4 000	1450 x 2850 x 2000

## 2.4 Návrh a použití měřicích přístrojů a měřidel

Pro zajištění stanovené kvality výrobku je třeba kontrolovat předepsané rozměry, drsnosti a geometrické tolerance součásti. Měřicí přístroje a ruční měřidla se volí dle požadovaných přesností daných výkresem, a také s ohledem na požadovanou rychlost měření. Analýzou výkresových požadavků (obr. 11) bylo zjištěno, že všechny rozměry se dají měřit pomocí dvou měřicích přístrojů. Modře označené znaky pomocí měřicího přístroje MarShaft SCOPE 600 plus 3D a oranžově označené znaky prostřednictvím drsnoměru MarSurf M 400. [26; 27]



Obr. 11 Analýza výkresových požadavků.

Pro oba měřicí přístroje je nutné dílce před jejich měřením vyprat. Vypráním se zaručí, že nedojde ke zkreslení naměřených výsledků a zároveň se předejde riziku poškození měřicích přístrojů. Pro praní součástí před měřením byla vybrána ultrazvuková pračka SONIC GT-S6 Titanium Black (obr. 12) od firmy Ultrasonic cz s.r.o. Tato pračka je vyrobena z vysoce kvalitní nerezové oceli a povrch je odolný vůči otiskům nebo poškrábání. Její základní technické specifikace jsou uvedeny v tab. 11. [25]



Obr. 12 Pračka SONIC GT-S6 [25].

Tab. 11 Technické specifikace pračky SONIC GT-S6 [25].

GT-S6 Titanium Black				
Vnější rozměry (d x š x h)	Pracovní frekvence	Objem nádrže	Výkon ultrazvuku	Výkon ohřevu
[mm]	[kHz]	[l]	[W]	[W]
400 x 175 x 2305	40	6	150	300

Pro kontrolu veškerých průměrů, délek a geometrických úchylek byl vybrán měřicí stroj MarShaft SCOPE 600 plus 3D (obr. 13) od firmy Mahr spol. s.r.o. Tento přístroj kombinuje optické měření pomocí maticové kamery s dotykovou metodou. Je vhodný do nepříznivého výrobního prostředí a jeho hlavní výhoda spočívá ve vynikajícím poměru přesnosti a rychlosti měření. [26]

U této součásti lze předpokládat, že měření všech průměrů a délek pomocí 3D kamery proběhne do 30 sekund. Následné měření geometrických úchylek pomocí 2D dotykového snímače lze očekávat v řádu několika minut, což je v porovnání s přístroji typu Formtester vynikající výsledek. Měření na těchto přístrojích proběhne vždy po seřízení strojů a pak následně v předepsaném intervalu. [26]



Obr. 13 MarShaft SCOPE 600 plus 3D [26].

Pro kontrolu všech potřebných drsností byl zvolen drsnoměr MarSurf M 400 (obr. 14) taktéž od firmy Mahr spol. s.r.o. Jedná se o přístroj s jednoduchým ovládáním, který měří povrch pomocí dotykové metody. Měření a výsledky dokáže provést i vyhodnotit přímo v prostoru výroby. [27]



Obr. 14 Drsnoměr MarSurf M 400 [27].

Oba zvolené měřicí přístroje budou umístěny v prostoru dílny. Hlavní výhodou je, že pracovníci mají možnost měření v bezprostřední blízkosti, a díky tomu rychle obdrží výsledky naměřených hodnot. Na jejich základě mohou ihned provádět korekce stroje. To znamená, že tento systém zajišťuje rychlou zpětnou vazbu. Zároveň se nemusí budovat žádné měrové středisko. Tím nevzniknou dodatečné náklady na jeho výstavbu, speciální klimatizaci a další pracovníky. Každý zaměstnanec na těchto pracovištích bude také vybaven digitálním posuvným měřidlem a mikrometrem pro rychlou kontrolu.

### 3 NAVRŽENÍ VÝROBNÍ PLOCHY

Navržení výrobní plochy je proces, který zahrnuje návrh a organizaci prostoru určeného pro výrobu dané součásti. Jedná se o složitý proces, který vyžaduje pečlivé plánování a zohlednění mnoha klíčových faktorů. Cílem je navrhnout prostor, který bude optimálně využit, to umožní maximalizovat efektivitu výroby a minimalizovat náklady na celkový provoz. [28]

Návrh výrobní plochy je velmi důležitý pro zajištění ergonomie a bezpečnosti zaměstnanců, kteří v této oblasti pracují. Také musí zohlednit potřeby údržby strojů a zařízení, včetně přístupu k nim. Je třeba navrhnout takový prostor, který je ideálně přizpůsoben specifickým potřebám a všem požadavkům daného výrobního procesu. Kroky, které je třeba zohlednit při navrhování výrobního prostoru [28,29,30]:

- Stanovení cíle - jako prvním krokem při navrhování výrobní plochy je určení cíle, kterého je potřeba dosáhnout. To zahrnuje rozhodnutí, jaký druh výrobků se bude vyrábět a jaké jsou požadavky na kvalitu i efektivitu výroby.
- Plánování rozvržení - následujícím krokem je plánování rozvržení výrobního prostoru. To zahrnuje zvolení vhodné velikosti plochy a jejího tvaru a výběr přiměřeného typu budovy nebo stavebních materiálů.
- Zohlednění potřeb výrobního procesu - další krok zahrnuje rozhodnutí o optimálním uspořádání strojů a zařízení včetně jejich velikosti, umístění, propojení a počtu pracovníků potřebných k jejich obsluze.
- Návrh prostoru pro manipulaci - návrh také musí obsahovat prostor pro zacházení s materiály a výrobky. To zahrnuje umístění zařízení pro jejich manipulaci, jako jsou například dopravníky, jeřáby nebo skladovací prostory.
- Bezpečnost a ergonomie - jsou další důležité faktory, které je potřeba při plánování zohlednit. Patří sem rozhodnutí o umístění nouzových východů, hasicích přístrojů nebo lékárniček. Také zohledňuje ergonomické potřeby operátorů, jako například výška či poloha pracovního stolu, kvalita světla a prostor pro pohyb.
- Zajištění efektivnosti a hospodárnosti - patří mezi klíčové faktory při návrhu výrobní plochy. Zahrnují rozhodnutí o využití dostupného prostoru, minimalizaci nákladů na provoz, zvýšení využití energie a vstupních polotovarů nebo zlepšení výrobních procesů.
- Zohlednění potřeb údržby - jedním z posledních kroků je rozhodování o umístění údržby a servisu včetně přístupu ke strojům a zařízením. Také je třeba zajistit dostatečný prostor pro skladování náhradních dílů.

V této práci je řešena problematika potřebného počtu strojů pro výrobu zadané hřídele a definování toku materiálu. Na tuto problematiku navazuje stanovení nezbytného počtu pracovníků se zohledněním vícestrojových obsluh. Také je třeba stanovit návrhy rozmístění strojů - layoutů pro všechny jednotlivé roky výroby. Veškeré výpočetní vztahy, výrobní plocha a potřebný počet strojů je navržen pro zadané kusy. Ty jsou zobrazeny v jednotlivých výrobních letech v tab. 12.

Tab. 12 Zadané počty kusů pro jednotlivé roky výroby.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Počet kusů [ks]	10 000	30 000	70 000	100 000	100 000	100 000	100 000	120 000	120 000	120 000

### 3.1 Potřebný počet strojů

Pro zadané počty kusů v jednotlivých letech ze zadání je třeba vytvořit grafy znázorňující potřebný počet strojů - kapacitní diagramy. Pro jejich vytvoření je třeba znát celkový strojní čas obrábění dané součásti a také výkon ponížený o ztráty. Ten byl navržen jako 85 % z celkové výkonnosti strojů. Délka směn je stanovena na 7,5 hodin a bylo zvoleno 250 pracovních dní v roce. [31;32]

Určení roční výrobní kapacity při práci na jednu směnu dle vztahu [33]:

$$Q_p = \frac{T_p}{t_k} \tag{3.1}$$

$$= \frac{T_n \cdot T_s \cdot 60 \cdot P_z}{T_o} = \frac{250 \cdot 7,5 \cdot 60 \cdot 0,85}{4,22} = 22\,660 \text{ ks}$$

kde:  $Q_p$  - výrobní kapacita [ks]

$T_p$  - využitelný časový fond [min]

$t_k$  - kapacitní norma pracnosti [min]

$T_n$  - nominální časový fond [den]

$T_s$  - délka jedné směny [hod]

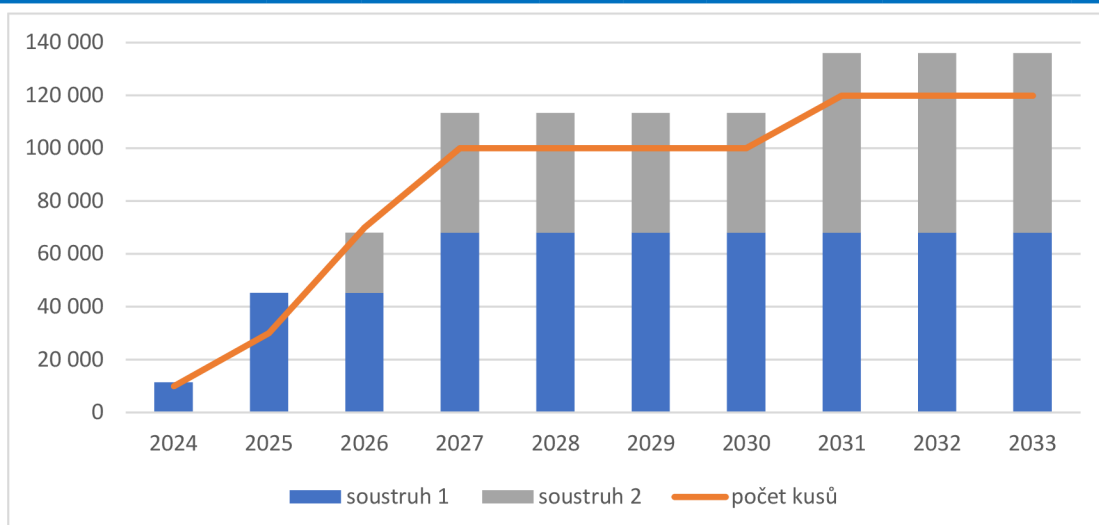
$P_z$  - výkon ponížený o ztráty [%]

$T_o$  - celkový čas obrábění hřídele [min]

Pro vypočtenou kapacitu byla pro jednotlivé roky navržena tab. 13 s potřebnými počty směn pro soustružení. Vzhledem k malému počtu kusů v roce 2024 bude třeba pouze polovina směny na zvládnutí výrobní kapacity pro tento daný rok. Při narůstajících kusech v dalších letech se budou směny postupně navyšovat. Kapacitní diagram pro operace soustružení je zobrazen na obr. 15. Z dostupných hodnot vyplynulo, že pro celkovou výrobu bude třeba pořídit 2 CNC soustruhy.

Tab. 13 Počet směn u soustružení pro jednotlivé roky [33].

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Směny - soustruh 1	0,5	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Směny - soustruh 2			1	2	2	2	2	3	3	3

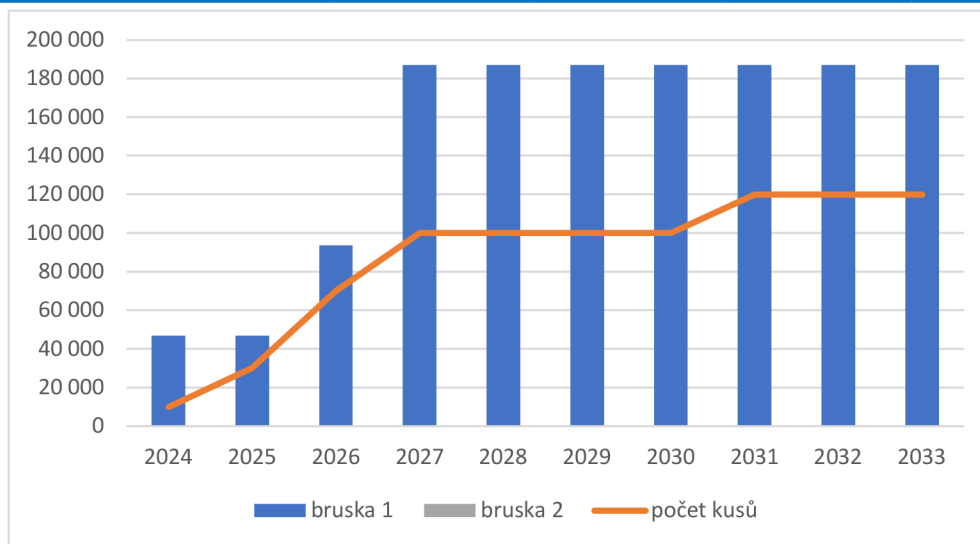


Obr. 15 Kapacitní diagram soustružení [33].

Pro operace broušení byla pro jednotlivé roky navržena tab. 14 s potřebnými počty směn. Vzhledem k malému počtu kusů v roce 2024 je třeba pouze polovina směny na zvládnutí výrobní kapacity pro tento daný rok. S narůstajícím počtem kusů v dalších letech se budou navyšovat i počty potřebných směn. Kapacitní diagram pro operace broušení je zobrazen na obr. 16. Z hodnot vyplynulo, že pro celkovou výrobu bude třeba pořídit pouze jednu brusku.

Tab. 14 Počet směn u broušení pro jednotlivé roky [33].

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Směny - bruska	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2



Obr. 16 Kapacitní diagram broušení [33].

### 3.2 Stanovení rozmístění strojů pro jednotlivé roky

Rozmístění výrobních strojů závisí na řadě faktorů, jako je například dostupná rozloha výrobního prostoru, typy strojů nebo množství a typ výroby. Mimo jiné sem také patří požadavky na pohyb materiálu a pracovníků či další faktory. Obvykle se stroje umísťují podle pořadí výrobních procesů, takže materiál může procházet od jednoho stroje ke druhému v logickém pořadí. [34]

#### Rozmístění strojů pro roky 2026–2033

Pro návrh rozmístění strojů je třeba přibližně určit jejich výrobní a pomocné plochy. Jako výrobní plocha se označuje půdorysná plocha stroje společně s bezpečným prostorem pro obsluhu a mezi stroji. Pomocné plochy zahrnují prostory pro nářadí, sklady, palety a náhradní díly. [34]

Příklad výpočtu výrobní plochy pro CNC soustruhy [34]:

$$F_{s1} = \sum_{j=1}^m f_{s1} \cdot n_p \tag{3.2}$$

$$= [(0,6 + 3,649 + 0,6) \cdot (0,6 + 1,803 + 0,6)] \cdot 2 = 29,12 \text{ m}^2$$

kde:  $F_{si}$  - výrobní plochy jednotlivých pracovišť [ $\text{m}^2$ ]

$f_{si}$  - půdorysné plochy stroje [ $\text{m}^2$ ]

$n_p$  - počet strojů [-]



Bezpečný prostor mezi jednotlivými stroji je zvolen 0,6 m [34]. Jednotlivé výrobní plochy veškerých strojů byly vypočteny a zaneseny do tab. 15. Ze zjištěných hodnot byl získán celkový součet výrobních ploch, který byl následně navýšen o pomocné strojní plochy. V tab. 16 jsou zobrazeny ostatní plochy potřebné pro umístění dalšího vybavení dílny. Tyto plochy byly opět navýšeny pomocí koeficientu 0,4 dle stejného vztahu 3.3.

Tab. 15 Jednotlivé výrobní plochy strojů [34].

Potřebné strojní vybavení	Celkový počet	Výrobní plocha
	[ks]	[m <sup>2</sup> ]
CNC soustruh CCM-SY2-42E	2	29,12
Podavač tyčí BOSS 552 HD	2	40,04
Hrotová bruska EJ 10	1	8,48
Zakládací robot brusky EJ 10	1	6,48
Filtrace oleje brusky EJ 10	1	19,76
Celková výrobní plocha		103,88

Tab. 16 Jednotlivé plochy vybavení dílny [34].

Vybavení dílny	Počet	Potřebná plocha
	[ks]	[m <sup>2</sup> ]
Vstup materiálu	2	46,08
Výstup na kalení	1	11,16
Vstup z kalení	1	11,16
Expediční místo	1	11,16
Pracovní stoly	4	24,60
Celková potřebná plocha vybavení dílny		104,16

Určení pomocné strojní plochy dle vztahu [34]:

$$F_{p1} = (0,4-0,6) \cdot F_s \quad (3.3)$$

$$= 0,5 \cdot 103,88 = 51,94 \text{ m}^2$$

kde:  $F_{p1}$  - pomocná plocha strojů [m<sup>2</sup>]

$F_s$  - celková výrobní plocha [m<sup>2</sup>]

Určení celkové provozní plochy dle vztahu [34]:

$$F_v = F_s + F_{p1} + F_d + F_{p2} \quad (3.4)$$

$$= 103,88 + 51,94 + 104,16 + 41,66 = 301,64 \text{ m}^2$$

kde:  $F_v$  - celková provozní plocha [m<sup>2</sup>]

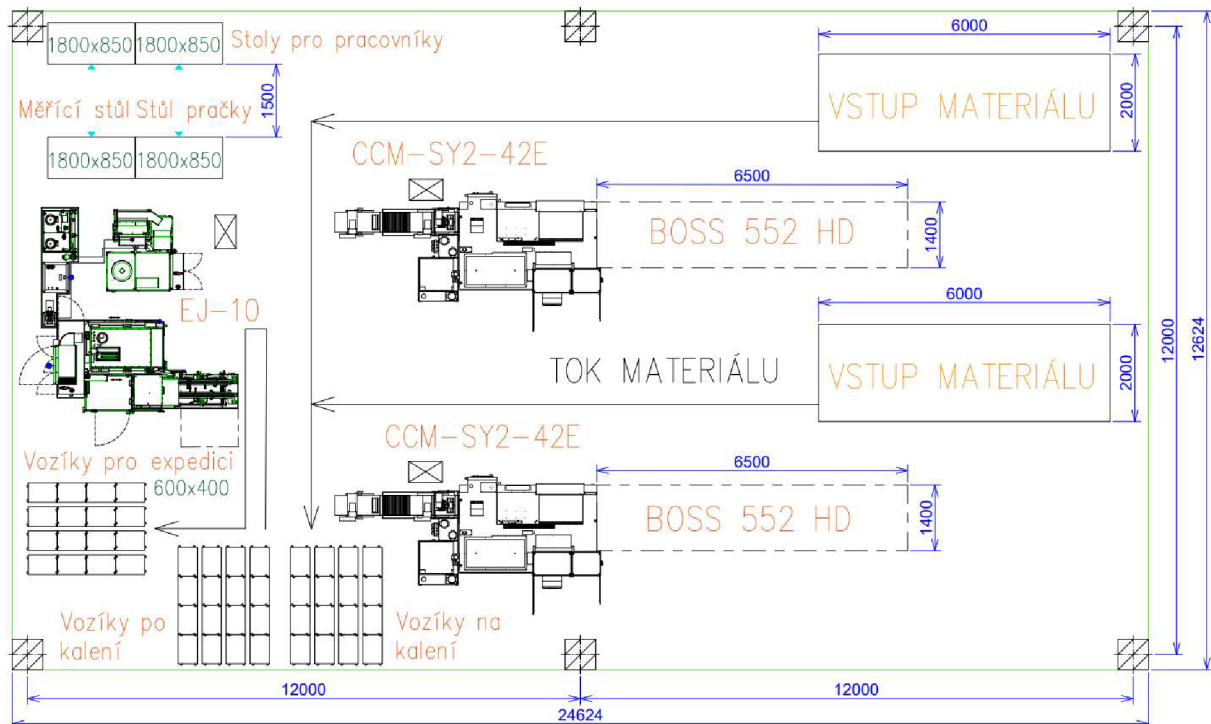
$F_d$  - celková potřebná plocha vybavení dílny [m<sup>2</sup>]

$F_{p2}$  - ostatní pomocná plocha [m<sup>2</sup>]

Literatura [34] udává, že pomocná plocha se počítá jako 0,4–0,6 násobek celkové výrobní plochy. Výpočet celkové provozní plochy byl ověřen pomocí návrhu layoutu na obr. 17. Z layoutu vychází potřebná plocha 310,8 m<sup>2</sup>, což je s porovnáním s vypočtenou plochou o 3 % více. Rozdíl vznikl proto, že navržený layout dílny je obdélníkového průřezu a vzniknou na něm volné plochy, které již pro tuto výrobu nejsou potřebné.

V návrhu je také zakreslen tok materiálu, který začíná jeho vstupem v podobě šestimetrových tyčí. Dále pokračuje přes všechny výrobní operace, tepelné zpracování a kontroly k výstupu v podobě hotového výrobku - hřídele. Ty jsou dále zabaleny do beden na vozících a exportovány ke konečnému zákazníkovi.

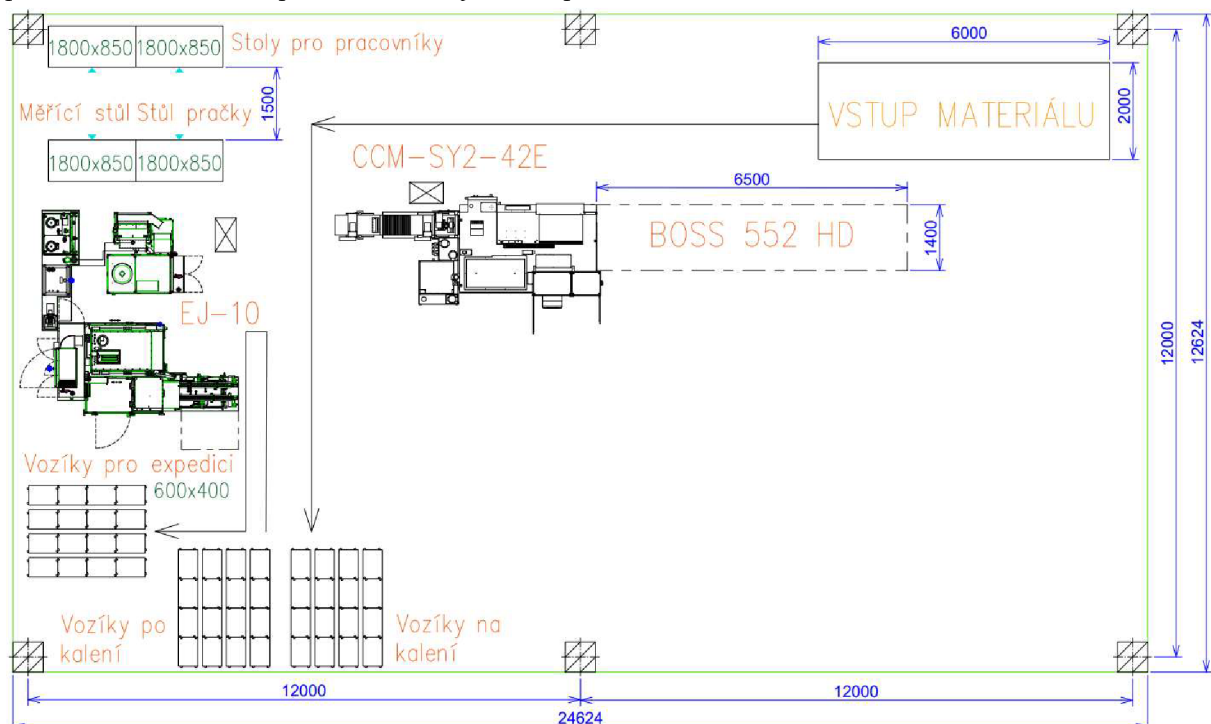
Layout navržen pro tuto práci je pouze orientační a nemusí se zcela shodovat se skutečností. Pro přesnější návrh by bylo třeba dalších studií. Při skutečném projektování by výsledek ovlivňovalo mnoho faktorů, jako je například omezený prostor ve výrobní hale nebo umístění sloupů a dalších prvků.



Obr. 17 Layout pro roky 2026–2033 [35].

### Rozmístění strojů pro roky 2024–2025 (náběh výroby)

Rozmístění strojů pro náběh výroby zobrazeném na obr. 18 vychází z konečného stavu layoutu. Jsou z něj odstraněny stroje, které během náběhových let nebudou z kapacitních důvodů potřebné. Tato volná plocha se dá využít například k dočasnému skladování materiálu.



Obr. 18 Layout pro roky 2024–2025 [35].



### 3.3 Stanovení počtu pracovníků se zohledněním vícestrojových obsluh

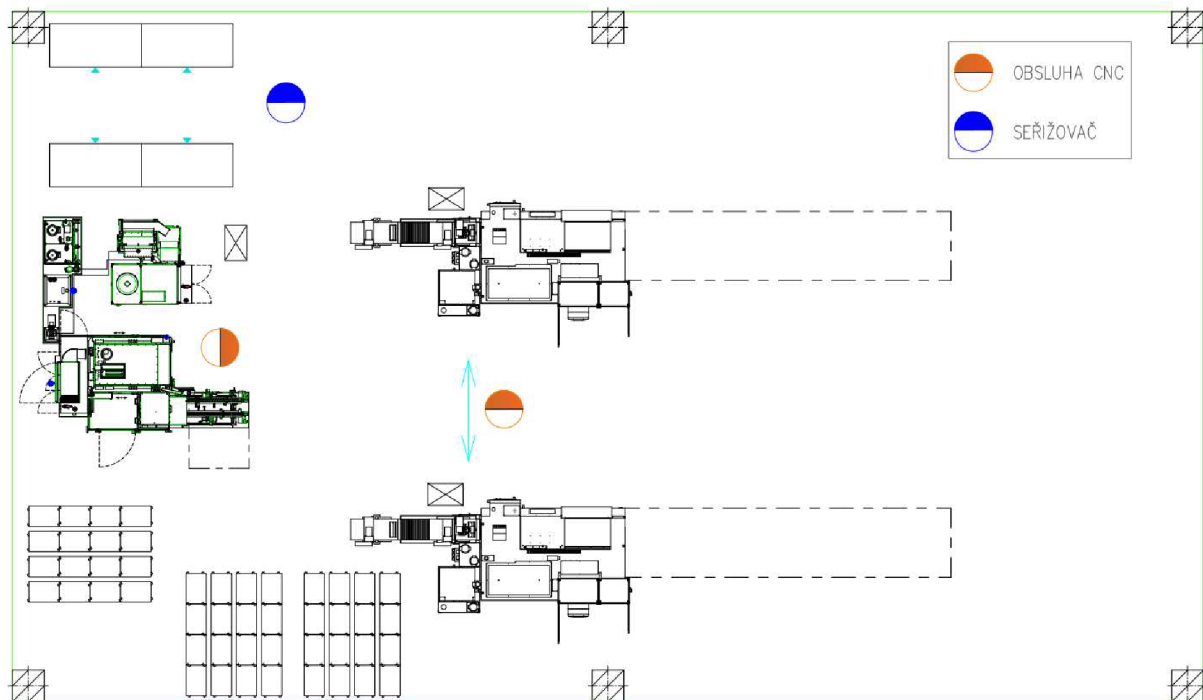
Pro obsluhu jednotlivých strojů byl v tab. 17 navržen počet pracovníků na směně v jednotlivých letech výroby. Na každé směně bude také seřizovač, který se bude starat o optimální chod strojů. U směnového mistra je předpoklad, že kromě této výroby bude mít na starosti i jiné pracoviště. Pro stanovené počty směn obsluhy soustruhů a brusky byla vytvořena tab. 18 znázorňující celkový počet pracovníků pro jednotlivé roky. Do roku 2025 bude operátor CNC soustruhu obsluhovat pouze 1 stroj, ovšem od roku 2026 bude obsluhovat další CNC soustruh. Vzhledem k tomu, že výroba jednoho kusu trvá 4,22 minut, pracovník bude mít dostatek času obsluhovat oba stroje. Rozmístění všech pracovníků v letech 2026–2033 je zobrazeno na obr. 19.

Tab. 17 Počet pracovníků na směně.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Obsluha - soustruh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Obsluha - bruska	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Seřizovač	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Směnový mistr	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tab. 18 Celkový počet pracovníků pro jednotlivé roky.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Obsluha - soustruh	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Obsluha - bruska	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Seřizovač	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3
Směnový mistr	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Celkem pracovníků</b>	<b>3,5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>



Obr. 19 Rozmístění pracovníků v letech 2026–2033 [35].

## 4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Při zavádění nové výroby je nezbytné ekonomické zhodnocení. Jeho výsledkem je rozhodnutí, zda se daná výroba vyplatí po finanční stránce. Také udává výši prvotní investice, kterou je třeba do projektu vložit. Do ekonomického vyhodnocení spadá i odhad dalších potřebných výdajů. Mezi ně patří například náklady na vstupní materiál, personál, nářadí, spotřební hmoty, údržbu strojů a další. [36; 37]

Jedním z posledních kroků je vyhodnocení produktivity práce všech přímých a nepřímých pracovníků. Nikdy nelze zcela přesně určit finální výši celkových nákladů před zahájením projektu. Ovšem pomocí ekonomického zhodnocení lze určit přibližnou hodnotu, která je dostatečná pro potřebná rozhodnutí v prvotní fázi projektu. Tato hodnota se bude postupně v jednotlivých fázích návrhu upřesňovat. Výše nákladů, které byly navrženy v této práci, jsou pouze orientační. Před zahájením projektu je nutné znovu zohlednit aktuální ceny nářadí, energií, spotřebních hmot a další náklady. [36; 37]

### 4.1 Výše potřebné investice

Investice jsou jednorázově vynaložené zdroje, které budou podniku přinášet peněžní příjmy v delším budoucím časovém období [38]. V tab. 19 jsou nejdříve znázorněny investice v roce 2024, kdy bude třeba nakoupit stroje a vybavení pro zahájení výroby. Další investování je naplánováno na rok 2026, kdy bude třeba pořídit další CNC soustruh pro zvládnutí výrobní kapacity. Za nejvyšší investici je považována bruska, z tohoto důvodu byla její cena zkontrolována a ověřena u výrobce Erwin Junker Grinding Technology a.s. Ostatní ceny strojů a vybavení byly převzaty z internetových zdrojů nebo byly odhadnuty.

Tab. 19 Souhrn investic v Kč [35; 39; 40].

	2024	2026
CNC soustruh CCM-SY2-42E	4 500 000	4 500 000
Podavač tyčí BOSS 552 HD	500 000	500 000
Hrotová bruska EJ 10	13 750 000	
Zakládací robot brusky EJ 10	2 500 000	
Měřicí přístroj - MarShaft SCOPE	5 000 000	
Drsnoměr - MarSurf M 400	274 155	
Ostatní investice	100 000	
<b>Investice celkem</b>	<b>26 624 155</b>	<b>5 000 000</b>

Podíl celkových investic se promítne do konečné ceny výrobku formou odpisů. Obráběcí stroje spadají do odpisové skupiny 2. Pro tuto skupinu platí, že se hmotný majetek odepisuje celkem 5 let. V prvním roce je odpis 11 % a v dalších čtyřech následujících letech se každý rok odepíše 22,25 %. [41]

Podíl investic do 1 kusu je dán jako podíl celkové výše odpisů, který je podělen počtem kusů v daném roce. V tab. 20 jsou znázorněny podíly investic do 1 kusu pro všechny výrobní roky. Nejdříve se odepisuje první skupina strojů (žlutě označeno), do kterých se bude investovat v roce 2024. Následně se k ní přidá druhá skupina investic (modře označeno) s aktivací v roce 2026. Po roce 2030 budou obě skupiny kompletně odepsány. V roce 2024 je celkový podíl největší z důvodu malého počtu kusů a velké počáteční investice. V ostatních letech se tento podíl investic na jeden kus zmenšuje. To je dáno narůstajícím počtem vyráběných hřidel v jednotlivých letech výroby.

Tab. 20 Podíly investic do 1 kusu [41].

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Počet kusů	[ks]	10 000	30 000	70 000	100 000	100 000	100 000	100 000
Investice celkem	[Kč]	26 624 155		5 000 000				
Odpis 1	[%]	11 %	22,25 %	22,25 %	22,25 %	22,25 %		
Odpis 1	[Kč]	2 928 657	5 923 874	5 923 874	5 923 874	5 923 874		
Odpis 2	[%]			11 %	22,25 %	22,25 %	22,25 %	22,25 %
Odpis 2	[Kč]			550 000	1 112 500	1 112 500	1 112 500	1 112 500
Součet odpisů	[Kč]	2 928 657	5 923 874	6 473 874	7 036 374	7 036 374	1 112 500	1 112 500
Podíl investic na kus	[Kč/ks]	293	197	92	70	70	11	11

## 4.2 Ostatní náklady

K investicím je třeba připočítat ostatní náklady spojené s výrobou. Jedním z prvotních nákladů je cena vstupního polotovaru. Cena byla vypočtena pomocí vztahu 4.1 pro zahajující rok 2024. Pro každý další výrobní rok byla cena navýšena o 1 % z důvodu narůstající ceny materiálu na trhu. Výpočet uvažuje délku hřídele s přídatkem na obrábění 2 mm z každé strany.

Určení ceny vstupního materiálu pro rok 2024 dle vztahu [8]:

$$C_k = \left( \frac{m_t \cdot C_t}{l_t} \right) \cdot l_k \quad (4.1)$$

$$= \left( \frac{59,16 \cdot 43}{6\,000} \right) \cdot 140 = 59,36 \text{ Kč}$$

kde:  $C_k$  - cena jednoho kusu [Kč]

$m_t$  - hmotnost tyče [kg]

$C_t$  - cena jedné tyče [Kč]

$l_t$  - délka tyče [mm]

$l_k$  - délka jednoho kusu s přídatkem na obrábění [mm]

Další položkou s nezanedbatelnou výší jsou personální náklady. K určení těchto výdajů je nejdříve vyjádřena produktivita práce, která byla vypočtena dle vztahu 4.2. K jejímu výpočtu je třeba znát celkový počet pracovních hodin. Po započtení pracovních dnů, placené dovolené, nemoci a svátků byl počet pracovních hodin zvolen jako 1 610 hodin z celkového roku.

Určení produktivity práce v roce 2024 dle vztahu [42]:

$$P_p = \frac{P_{ks}}{P_S \cdot P_{prac.}} \quad (4.2)$$

$$= \frac{10\,000}{3,5 \cdot 1\,610} = 1,77 \text{ ks/čl} \cdot \text{h}$$

kde:  $P_p$  - produktivita práce [ks/čl · h]

$P_{ks}$  - počet kusů v daném roce [ks]

$P_S$  - počet pracovníků [-]

$P_{prac.}$  - roční počet pracovních hodin [h]

Měsíční náklady na jednoho pracovníka byly navrženy na 31 000 Kč během prvního roku výroby. Tato částka se každým výrobním rokem zvyšuje o 1 %. Měsíční náklady byly pomocí vztahu 4.3 následně přepočteny na náklady na 1 hodinu. Náklady pracovníků vynaložené na

1 kus lze následně zjistit jako podíl nákladů na 1 hodinu a výsledné produktivity. Z vypočtených hodnot pro rok 2024 vychází náklady na 1 kus 110,91 Kč.

Určení nákladů na 1 hodinu dle vztahu [42]:

$$C_h = \frac{C_p}{T_s \cdot P_m} \tag{4.3}$$

$$= \frac{31\,000}{7,5 \cdot 21} = 197 \text{ Kč}$$

kde:  $C_h$  - náklady na 1 hodinu [Kč]

$C_p$  - měsíční náklady na pracovníka [Kč]

$P_m$  - počet pracovních dnů v měsíci [-]

V tab. 21 jsou uvedeny ceny jednotlivých nástrojů potřebných pro výrobu zadané hřídele společně s jejich životností. Cena na 1 ks se vyjádří jako podíl ceny nástroje vůči jeho celkové životnosti. Ceny nástrojů byly odvozeny z internetových zdrojů. Položka ostatní nástroje byla odhadnuta jako 20 % z celkového součtu. Počítá se také, že se bude pravidelně pracovat na optimalizaci nástrojů, proto byly výsledné náklady na kus poníženy meziročně o 1 %.

Tab. 21 Ceny jednotlivých nástrojů vztažené na 1 kus [43; 44; 45; 46; 47; 48].

	Cena [Kč]	Životnost [ks]	Cena na 1 kus [Kč]
Držáky	20 600	120 000	0,17
Destičky	996	900	1,11
Broušící kotouč	3 135	10 000	0,31
Orovnávač	2 288	120 000	0,02
Ostatní nástroje			0,32
<b>Celková cena na 1 kus [Kč]</b>			<b>1,93</b>

Každý stroj vyžaduje ke správnému chodu spotřební hmoty. V tab. 22 jsou zobrazeny potřebné spotřební hmoty společně s jejich cenou a potřebným objemem. Uvedené objemy a ceny byly převzaty z internetových zdrojů pro stroje podobného typu. Spotřební hmoty jsou v následujících letech poníženy o 1 %. Důvodem je meziroční narůstající počet kusů, který zajistí lepší využití spotřebních hmot. Zároveň jsou v tomto snížení zahrnuty předpokládané optimalizace spotřebních hmot, například snížení vynášení oleje na obrobených dílcích.

Tab. 22 Ceny jednotlivých spotřebních hmot vztažené na 1 kus [49; 50; 51; 52].

	Objem nádrže [l]	Cena za litr [Kč]	Cena za jedno naplnění [Kč]
CNC soustruh - řezný olej	200	148	29 600
CNC soustruh - hydraulický olej	46	83	3 818
CNC soustruh - mazací olej	15	106	1 590
Hrotová bruska - řezný olej	1 603	152	243 656
Hrotová bruska - hydraulický olej	60	83	4 980
Hrotová bruska - mazací olej	15	106	1 590
Ostatní spotřební hmoty			2 000
<b>Celková cena [Kč]</b>			<b>287 234</b>
<b>Cena na 1 kus [Kč]</b>			<b>2,39</b>

Náklady na údržbu nelze nikdy přesně určit, lze je pouze odhadnout. V této práci byly na základě podobné výroby odhadnuty jako 1,18 Kč na 1 kus. Každý stroj spotřebovává elektrickou energii, a proto je třeba počítat s náklady na jejich provoz. Pomocí vztahu 4.4 byla určena celková spotřeba veškerých výrobních strojů, která je následně vynásobená cenou za jednu kWh. Tato cena činí 5,8 Kč za 1 kWh dle provozovatele elektrické energie [53] v roce 2023. Výsledná spotřeba elektrické energie vztažená na 1 kus je zobrazená v tab. 23. Je zohledněno meziroční navýšení ceny elektrické energie o 1 %.

Výpočet spotřeby elektrické energie CNC soustruhu dle vzorce [54]:

$$E = \left(\frac{P_c}{60}\right) \cdot t_s \quad (4.4)$$

$$= \left(\frac{11}{60}\right) \cdot 4,22 = 0,77 \text{ kWh}$$

kde: E - spotřebovaná elektrická energie [kWh]

$P_c$  - příkon jednotlivých strojů [kW]

$t_s$  - výrobní takt stroje [min]

Tab. 23 Cena spotřeby elektrické energie vztažená na 1 kus [22; 23; 24; 35; 53; 54].

	Příkon	Takt stroje	Spotřeba el. energie na 1 kus
	[kW]	[min]	[kWh]
CNC soustruh CCM-SY2-42E	11	4,22	0,77
Podavač tyčí BOSS 552 HD	5	4,22	0,35
Hrotová bruska EJ 10	20	0,9	0,30
Zakládací robot brusky EJ 10	7	0,9	0,11
Ostatní spotřeba	3	4,22	0,21
<b>Celková spotřeba el. energie</b>	<b>46</b>		<b>1,74</b>
	Cena za 1 kWh [Kč]		5,80
	Cena na 1 kus [Kč]		10,10

Veškeré ostatní náklady pro zadané roky výroby jsou uvedeny v tab. 24. K těmto nákladům je připočten i podíl investic do 1 kusu. Z uvedených hodnot lze následně provést součet a zjistit tak celkové náklady na výrobu jednoho kusu pro jednotlivé roky. Celkové náklady do jednoho kusu se postupně snižují vlivem většího počtu vyráběných kusů. V poklesu nákladů se také projeví plánované optimalizace výroby a kompletní odpis investic do konce roku 2030. Při prodejní ceně hřídele 300 Kč se projekt stane výdělečným od roku 2026 - viz příloha 3.

Tab. 24 Celkové náklady na výrobu jednoho kusu v jednotlivých letech v Kč.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Investice do 1 kusu	292,87	197,46	92,48	70,36	70,36	11,13	11,13			
Vstupní materiál	59,36	59,95	60,55	61,16	61,77	62,39	63,01	63,64	64,28	64,92
Náklady na personál	110,91	53,34	27,71	31,02	31,33	31,64	31,96	26,90	27,17	27,44
Nástroje	1,93	1,91	1,89	1,88	1,86	1,84	1,82	1,80	1,78	1,77
Spotřební hmoty	2,39	2,37	2,35	2,32	2,30	2,28	2,25	2,23	2,21	2,19
Údržba strojů	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Energie	10,10	10,20	10,30	10,41	10,51	10,61	10,72	10,83	10,94	11,05
<b>Celkové náklady</b>	<b>478,74</b>	<b>326,42</b>	<b>196,47</b>	<b>178,32</b>	<b>179,30</b>	<b>121,06</b>	<b>122,06</b>	<b>106,58</b>	<b>107,55</b>	<b>108,53</b>



## 5. TERMÍNOVÝ PLÁN

Termínový plán je harmonogram, který obsahuje seznam určitých úkolů, které musí být dokončeny v určitém časovém období. Tyto úkoly jsou obvykle organizovány v chronologickém pořadí a jsou přiřazeny konkrétním datům nebo termínům. Počátek termínového plánu se shoduje s datem zadání bakalářské práce (17. 10. 2022). Návrh plánu počítá s určitou časovou rezervou, která má kompenzovat případné zpoždění dodávky strojů. Například na uvedení strojů do provozu je rezervována doba 2 měsíce. Ovšem dá se předpokládat, že tento úkon by se dal v případě nutnosti urychlit a zkrátit tím dobu nutnou k realizaci tohoto úkonu skoro až na polovinu. Určitá rezerva je i v termínu zahájení výroby. Vzhledem k malému počtu kusů vyráběných první rok lze zahájení výroby v nutném případě oddálit o několik týdnů. Doba objednání strojů byla stanovena na dva měsíce, u měřidel a ostatních položek byla stanovena na jeden měsíc. [35]

V tab. 25 je uveden termínový plán potřebných úkonů pro zahájení výroby v roce 2024. Aby bylo možné stihnout zahájení sériové výroby v lednu 2024, je nutno objednat stroje nejpozději do konce roku 2022. U brusky se předpokládá o 1 měsíc delší dodací termín než u soustruhu. To ale může být výhodné, protože současné dodání 2 strojů by bylo náročnější na kapacity nutné ke složení, ustavení a připojení stroje. Také by v takovém případě mohl nastat problém s potřebnou měřicí kapacitou. Další výhodou postupného dodání je, že nasoustružené hřídele, které vzniknou při testech soustruhu, půjdou následně použít jako polotovary pro testování brusky. Měřidla a další položky stačí objednat až v lednu roku 2023. Jejich dodání se předpokládá po šesti měsících od podané objednávky. [35]

Tab. 25 Termínový plán pro zahájení výroby v roce 2024.

	2022			2023												2024		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<b>1. CNC soustruh s podavačem</b>																		
Objednání																		
Dodání																		
Uvedení do provozu																		
<b>Hrotová bruska se zakladačem</b>																		
Objednání																		
Dodání																		
Uvedení do provozu																		
<b>Měřidla a ostatní položky</b>																		
Objednání																		
Dodání																		
Uvedení do provozu																		
<b>Start výroby</b>																		

Druhý soustruh je třeba objednat nejpozději do konce ledna roku 2025, aby bylo možné stihnout jeho zapojení do výroby v lednu v roce 2026. V tab. 26 je uveden termínový plán potřebných úkonů pro pořízení druhého CNC soustruhu. Dodání druhého soustruhu zajistí dostatečnou výrobní kapacitu nejméně do konce roku 2033.

Tab. 26 Termínový plán pro pořízení druhého CNC soustruhu.

	2024			2025												2026		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<b>2. CNC soustruh s podavačem</b>																		
Objednání																		
Dodání																		
Uvedení do provozu																		
<b>Start výroby</b>																		

---

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývá návrhem technologie výroby hřídele převodovky pohonu sněhové frézy. Výroba je navržena jako sériová s měnícím se počtem kusů pro každý rok dle zadání. Délka výsledné hřídele je 136 mm, její největší průměr činí 38 mm a celkově váží 0,6 kg.

Jako výchozí materiál byla zvolena nelegovaná ušlechtilá ocel C45R (ČSN EN 10083-2). Za polotovar byla zvolena ocelová kruhová tyč  $\varnothing 40 - 6000$  mm s označením EN 10060 válcovaná za tepla. Tato volba zajišťuje dlouhý chod stroje na jednu tyč a zároveň minimalizuje vzniklý odpad na jejím konci.

Z rozboru součásti a návrhu výrobní technologie vyplynulo, že budou potřeba 2 obráběcí operace, soustružení a broušení. Souhrnný čas všech úkonů pro soustružení je 4,22 minut. Souhrnný čas broušení je 0,9 minuty.

Z kapacitních diagramů bylo zjištěno, že bude třeba pořídit 2 CNC soustruhy a pouze jednu hrotovou brusku. Pro zahájení výroby v roce 2024 je třeba objednat prvotní stroje už na konci roku 2022. Na uvedení strojů do provozu je rezervována doba 2 měsíce a dodací doba se pohybuje okolo osmi až devíti měsíců.

Počáteční investice s aktivací v roce 2024 činí 26,6 milionů Kč. Další investice ve výši 5 milionů Kč bude vynaložena v roce 2026, kdy bude třeba objednat druhý CNC soustruh s podavačem. Mezi prvotní ostatní náklady patří cena vstupního materiálu, ta v roce 2024 činí 59,36 Kč na 1 kus. Pro každý další výrobní rok byla cena navýšena o 1 % z důvodu narůstající ceny materiálu na trhu.

Po sečtení všech nákladů se projekt při prodejní ceně hřídele 300 Kč dostane do kladných zisků už na konci roku 2026, kdy celkový zisk bude činit 4,7 milionů Kč. Finální kumulovaný zisk v roce 2033 se odhaduje na 133 milionů Kč. Z toho vyplývá, že se do projektu vyplatí investovat, protože návratnost je již po 3 letech od zahájení sériové výroby.

---

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. EU AUTODÍLY. *Vačkový hřídel* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: [https://www.euautodily.cz/katalog-nahradnichdilu/vackovy\\_hridel-10497](https://www.euautodily.cz/katalog-nahradnichdilu/vackovy_hridel-10497)
  2. ELUC. *Výkres hřídele* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1623>
  3. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
  4. VARI. *Zahradní technika* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/o-nas/filozofie-vari/>
  5. VARI. *Převodová skříň pro pohon sněhové frézy SF-55* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: [https://shop.vari.cz/webdata/0000008104\\_20170131111721GSPPLEJA.pdf](https://shop.vari.cz/webdata/0000008104_20170131111721GSPPLEJA.pdf)
  6. VARI. *Sněhová fréza SF-55* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/produkty/stavebnicovy-system-vari/dsk-316/freza-snehova-snezna-sf-55/cp:81/>
  7. VARI. *Skříň převodová DSK-316. IPSVN* [online]. [cit 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/produkty/stavebnicovy-system-vari/dsk-316/skrin-prevodova-dsk-316-1psvn/cp:547/>
  8. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2. 1. díl, Polotovary a jejich technologičnost. 2.*, upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 316 s. ISBN 80-7183-244-8.
  9. BOHDAN BOLZANO. *Přehled vlastností ocelí C45* [online]. [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: [https://bbolzano.cz/assets/files/TP/MOP\\_%20Tycova\\_ocel/EN\\_10083/MOP\\_vlastnosti\\_C45.pdf](https://bbolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_C45.pdf)
  10. CNC TECHNOLOGY. *Podavače tyčí pro CNC soustruhy* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.cnctech.cz/files/podavace-tyci/prirucka-a-uzitecne-informace-o-podavacich-tyci-2012-1-.pdf>
  11. FERONA. *Tyč kruhová válcovaná za tepla* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23947/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-40>
  12. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 80-7204-248-3.
  13. BODYCOTE HT. *Tepelné zpracování indukčním kalením* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.bodycote.com/cs/sluzby/tepelne-zpracovani/kaleni-popusteni-zuslechteni/indukcni-kaleni/>
  14. ELUC. *Technologické postupy* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: [https://eluc.ikap.cz/uploads/attachments/471/Technologicke\\_postupy.pdf](https://eluc.ikap.cz/uploads/attachments/471/Technologicke_postupy.pdf)
  15. TECHSTROJ. *Technologické postupy* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T14.pdf>
  16. SECO TOOLS. *Katalog a technický průvodce* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/article/84565>
  17. SECO TOOLS. *Aplikace pro řezné podmínky* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/dashboard/Suggest/Suggest?language=cs>
  18. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 3. 1. díl, 2.*, upr. vyd. Praha: Scientia, 2005, 316 s. ISBN 80-7183-377-1.
  19. TYROLIT CEE. *Katalog skladových výrobků* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://mam.swarovski.com/pinaccess/pinaccess.do?pinCode=WzLZtlHVKZha>
-



- 
20. PROFITEK. *Výpočet optimálních řezných podmínek* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://eshop.profittek.cz/texty/stepcraft-vypocet-optimalnich-reznych-podminek/>
  21. ELUC. *Výpočet strojních časů* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1280>
  22. CHIAH CHYUN MACHINERY. *Swiss-type/Sliding Head Lathes-SY2-42E* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.chiah-chyun.com/en-US/p108-swiss-type-sliding-head-lathes-sy2-42e>
  23. IEMCA. *Podavač tyči BOSS 522 HD* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.iemca.com/cs/cz/P/podava%C4%8D-ty%C4%8D%C3%AD-pevn%C3%BD-posuvn%C3%BD-v%C5%99eten%C3%ADk-boss-552-hd>
  24. ERWIN JUNKER GRINDING TECHNOLOGY. *Brousící stroje Junker* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.junker-group.com/cs/brousici-stroje-junker-a-zema/products/ej>
  25. ULTRASONIC. *GT-S6 Titanium Black* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://ultrasound.cz/gt-s6-titanium-black-6-litru-40-khz-digitalni-ovladani/>
  26. MAHR SPOL. *MarShaft SCOPE 600 plus 3D* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://metrology.mahr.com/cs/produkty/article/5361522-optisches-wellenmesssystem-marshaft-600-plus-3d-marshaft-scope-600-plus-3d>
  27. MAHR SPOL. *MarSurf M 400* [online]. [cit 2023-04-18]. Dostupné z: <https://metrology.mahr.com/cs/produkty/article/6910404-mobiles-oberflaechenmessgeraet-marsurf-m-400>
  28. MILLER, A., BUREŠ, M., ŠRAJER, V., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny-teoretická část*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87539-30-9.
  29. MILLER, A., BUREŠ, M., KURKIN, O., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny-praktická část*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87539-31-6
  30. RYBNIKÁR, F., KLEINOVÁ, J. *Změna uspořádání pracoviště za účelem zvýšení objemu výroby*. Plzeň, 2019, DOI: 10.24132/PI.2019.08948.136-144
  31. PHARIS CZ. *Klíčové oblasti kapacitní plánování výroby* [online]. [cit 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.pharis.cz/cs/moduly/klicove-oblasti-kapacitni-planovani-vyroby>
  32. SMĚNY CZ. *Plánovací kalendář* [online]. [cit 2023-04-19]. Dostupné z: <https://smeny.cz/planovaci-kalendar>
  33. *Využitelný časový fond* (podklad pro výuku předmětu obrábění) [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018 [cit 2023-04-19]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=183544](https://www.vut.cz/www_base/priloha.php?dpid=183544)
  34. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2015, 183 s. ISBN 978-80-14-5260-2.
  35. KUNČAR, Michal. *Layout stroje Junker EJ 10* [elektronická pošta]. Message to: 229605@vutbr.cz. 19. dubna 2023 15:48 [cit 2023-04-19].
  36. BRIGHAM, Eugene F., Michael EHRHARDT. *Financial Management: Theory and Practice*. Mason: South Western Cengage Learning, 2011, ISBN 978-1-4390-7809-9.
  37. POPSEKO, Boris, Šárka PAPADAKI. *Moderní metody řízení nákladů*. 2. vyd. Praha: GRADA Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5773-5.
  38. *Investice – finance podniku* (podklad pro výuku předmětu Úvod do investic). [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. [cit 2023-04-21]. Dostupné z: [https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/506993/mod\\_folder/content/0/9\\_prednaska\\_Investice.pdf?forcedownload=1](https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/506993/mod_folder/content/0/9_prednaska_Investice.pdf?forcedownload=1)
-

39. ABSOLUTE MACHINE TOOLS. *NEXTURN SA-32XII Tracer 32V12* [online]. [cit 2023-04-21]. Dostupné z: <https://absolutemachine.com/product/nst-series/>
40. M&B CALIBR. *Mobilní drsnoměr a měřič zvlnění povrchů MarSurf M 400 MAHR* [online]. [cit 2023-04-21]. Dostupné z: <eshop.mbcaltbr.cz/meridla-drsnosti-povrchu/mobilni-drsnomer-a-meric-zvlneni-povrchu-marsurf-m-400-mahr/>
41. EURO.CZ. *Odpisové skupiny 2023* [online]. [cit 2023-04-21]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/clanky/odpis-odpisove-skupiny-hmotneho-majetku-auto-tabulka-kalkulacka-1458462/>
42. VYTLAČIL, M., MAŠÍN, I. *Cesty k vyšší produktivitě - Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. 254s. ISBN 80-902235-0-8.
43. SANDVIK COROMAT. *Soustružnické nástroje* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/tools/turning-tools/external-turning-tools/coroturn-107/assortment-coroturn-107?taxonomy=%2FTL%2FTRN%2FTRNG%2FTRNGE%2FTRNGEI>
44. SANDVIK COROMAT. *Nástroj na upichování a zapichování* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/tools/parting-and-grooving-tools/parting-off-tools/corocut-xs/assortment-corocut-xs?taxonomy=%2FTL%2FTRN%2FTRNP>
45. NÁSTROJE CZ. *Britová destička š-1,15 10NR 1,15FG CP500 SECO* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.nastrojenaradi.cz/britova-desticka-s-1-15-10nr-1-15fg-cp500-seco-skrin>
46. I-NÁSTROJE CZ. *Vyměnitelná britová destička LCMF 1603MO-0300-MP,CP500, Seco* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.i-nastroje.cz/Vymenitelna-britova-desticka-LCMF-1603MO-0300-MP-CP500-Seco-d10783.htm?tab=description>
47. PRODEJBRUSIVA CZ. *Kotouč T1 400x30x127 89A80(2)J5AV50 39869 TYROLIT* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.prodejbrusiva.cz/kotouc-t1-400x30x127-89a802j5av50-39869-tyrolit>
48. PRODEJBRUSIVA CZ. *Diamantové kolečko 16x5x6 1,00ct 12-04 (roletka) TYP178 vícezrné* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.prodejbrusiva.cz/diamantove-kolecko-16x5x6-100ct-12-04-roletka-typ178-vicezrnne>
49. SKLADOLEJU CZ. *Paramo cut oc 180 Kg (205L)* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.skladoleju.cz/provozni-a-technicke-kapaliny/rezne-oleje/paramo-cut-oc-obrabeci-olej-180kg-detail.html>
50. GAFAAUTO. *Hydraulický olej Shell Tellus S2 MX 46 209L* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: [https://www.gafaauto.cz/products/hydraulicky-olej-shell-tellus-s2-mx-46-209l-2720687?gclid=EAIaIQobChMIqcbCnb29\\_gIVekKRBR2s8QTiEAQYASABEGIylPD\\_BwE](https://www.gafaauto.cz/products/hydraulicky-olej-shell-tellus-s2-mx-46-209l-2720687?gclid=EAIaIQobChMIqcbCnb29_gIVekKRBR2s8QTiEAQYASABEGIylPD_BwE)
51. OLEJE-SHELL. *Shell SPIRAX S2 A 80W-90, 209L* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <http://www.oleje-shell.cz/index.php?k=4&k1=32>
52. TECHNICKE-SOUCASTI. *Řezný olej honilo 980 (Sud 208 L)* [online]. [cit 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.technicke-soucasti.cz/maziva-a-oleje/rezne-oleje/>
53. E.ON. *Jaká je cena kWh energie?* [online]. [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/cena-kwh>
54. THIEDE, Sebastian. *Energy efficiency in manufacturing systems*. Aufl. 2012. S.1.: Springer, 2014. ISBN 978-364-2437-502.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Symbols

Označení	Legenda	Jednotka
$C_h$	náklady na 1 hodinu	[Kč]
$C_k$	cena jednoho kusu	[Kč]
$C_p$	měsíční náklady na pracovníka	[Kč]
$C_t$	cena jedné tyče	[Kč]
$D$	průměr broušícího kotouče	[mm]
$D_c$	průměr obrobku	[mm]
$E$	spotřebovaná elektrická energie	[kWh]
$f$	posuv na otáčku	[mm]
$f_a$	axiální posuv stolu brusky	[mm]
$f_r$	radiální posuv stolu brusky vztažen na jeden axiální zdvih stolu	[mm]
$f_{si}$	půdorysné plochy stroje	[m <sup>2</sup> ]
$F_d$	celková potřebná plocha vybavení dílny	[m <sup>2</sup> ]
$F_{p1}$	pomocná plocha strojů	[m <sup>2</sup> ]
$F_{p2}$	ostatní pomocná plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_s$	celková výrobní plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{si}$	výrobní plochy jednotlivých pracovišť	[m <sup>2</sup> ]
$F_v$	celková provozní plocha	[m <sup>2</sup> ]
$i$	počet třísek	[-]
$l_a$	dráha pohybu stolu brusky v axiálním směru	[mm]
$l_k$	délka jednoho kusu s přídavkem na obrábění	[mm]
$l_t$	délka tyče	[mm]
$L$	délka dráhy nástroje	[mm]
$m_t$	hmotnost jedné tyče	[kg]
$n$	otáčky vřetena	[min <sup>-1</sup> ]
$n_k$	otáčky broušícího kotouče	[min <sup>-1</sup> ]
$n_p$	počet strojů	[-]
$n_w$	otáčky obrobku	[min <sup>-1</sup> ]
$p$	přídavek na broušení vztažený na průměr	[mm]
$P_c$	příkon jednotlivých strojů	[kW]
$P_{ks}$	počet kusů v daném roce	[ks]
$P_m$	počet pracovních dnů v měsíci	[den]
$P_p$	produktivita práce	[ks/čl·h]
$P_{prac.}$	roční počet pracovních hodin	[h]
$P_s$	počet pracovníků	[-]
$P_z$	výkon ponížený o ztráty	[%]
$Q_P$	výrobní kapacita	[ks]
$t_{AS}$	strojní čas	[min]
$t_k$	kapacitní norma pracnosti	[min]
$t_s$	výrobní takt stroje	[min]
$T_n$	nominální časový fond	[den]
$T_o$	celkový čas obrábění hřídele	[min]
$T_p$	využitelný časový fond	[min]
$T_s$	délka jedné směny	[hod]
$v_c$	řezná rychlost	[m/min]
$v_k$	řezná rychlost na obvodu broušícího kotouče	[m·s <sup>-1</sup> ]

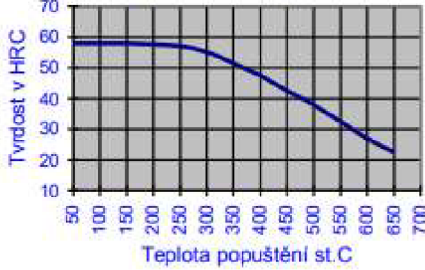
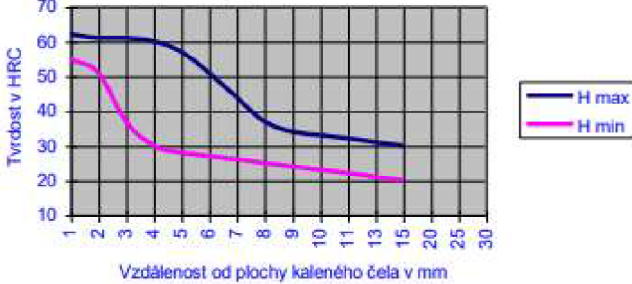
## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Materiálový list oceli C45R  
Příloha 2 Řezné podmínky z katalogu od firmy Seco Tools CZ  
Příloha 3 Tabulka výdělečnosti projektu

## SEZNAM VÝKRESŮ

- Sestava převodové skříně DSK-316.1PSVN 22-9-3070-004  
Výrobní výkres hřídele převodovky 2023-BP-229605-01



Přehled vlastností oceli C45E ( C45 R )		1.1191 (1.1201)																
Druh oceli	Nelegovaná ušlechtlá ocel k zušlechťování																	
TDP	ČSN EN 10083-2: 2007. Tato norma obsahuje též ocel C45, klasifikovanou jako jakostní ocel k zušlechťování. Oceli C45 nelze nahradit ušlechtlé oceli C45E popř. C45R. C45 však lze nahradit ocelmi C45E resp. C45R.																	
Dřívější označení	C45E (C45R) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; Ck 45 ( Cm 45 ) podle DIN 17200: 12 050 podle ČSN.																	
Použití	Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu zušlechťeném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k povrchovému kalení plamenem nebo indukci.																	
Chemické složení v % hmot. ( rozbor tavby )	C	Si max.	Mn	P max.	S max. <sup>1)</sup>	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni									
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63									
Složení hotového výrobku <sup>2)</sup>	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45										
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. <sup>3)</sup>	Průměr mm	R <sub>e</sub> min. MPa	R <sub>m</sub> MPa	A min. %	Z min. %	KV min. J												
	d ≤ 16	490	700-850	14	35	-												
	16 < d ≤ 40	430	650-800	16	40	25												
Mechanické vlastnosti ve stavu normalizačně žíhaném <sup>3)</sup>	d ≤ 16	340	min. 620	14	-	-												
	16 < d ≤ 100	305	580	16	-	-												
	100 < d ≤ 250	275	560	16	-	-												
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost (+S)			Žíháno na měkko (+A)			Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)											
	HB max. 255			HB max. 207			HRC min. 55											
Prokalitelnost <sup>4)</sup>	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušebního tělesa v mm																	
	Tvrdost v HRC																	
	+H	Mez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25	30
	max	62	61	61	60	57	51	44	37	34	33	32	31	30	-	-	-	-
	min	55	51	37	30	28	27	26	25	24	23	22	21	20	-	-	-	-
Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 10 mm)		Křivky prokalitelnosti																
																		
<b>Technologické vlastnosti</b>																		
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1150 až 850 °C																	
Teplotné zpracování	Normalizační žíhání °C	Žíhání na měkko °C	Isotermické žíhání °C	Teplota Kalení °C	Kalici prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalením čela °C											
	840 až 880	650 až 700	800 až 950 660 -1 hod.	820 až 860	voda nebo olej	550 až 660	850 ± 5											
Obrobitelnost	Uvedené podmínky jsou doporučeny s výjimkou zkoušky kalením čela (zkouška prokalitelnosti.) Teplota kalení při spodní hranici se doporučuje pro kalení do vody a při horní hranici při kalení do oleje. Jako kalici prostředí lze použít i syntetické kapaliny-emuze.																	
Stříhatelnost	Přichází v úvahu např. při dělení tyčí na vsázkové délky pro zápustkové kování. Ocel C45 je stříhatelná za studena i ve stavu po válcování u průměru nad 80 mm.																	
<sup>1)</sup> obsah síry u oceli C45R je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %. <sup>2)</sup> u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně. <sup>3)</sup> uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechťení popř. normalizačním žíhání) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žíhaném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP. R <sub>e</sub> – mez kluzu, R <sub>m</sub> – pevnost v tahu, A – tažnost ( počáteční délka L <sub>0</sub> = 5,65√S <sub>0</sub> ), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty). <sup>4)</sup> pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.																		

## Řezné podmínky z katalogu od firmy Seco Tools CZ [16]

## CP500

SMG		CW = 2		CW = 3		CW = 4		CW = 5-6		CW = 8-10	
		f	v <sub>c</sub>	f	v <sub>c</sub>	f	v <sub>c</sub>	f	v <sub>c</sub>	f	v <sub>c</sub>
P1	-FT CP500	0,085	235	0,16	185	0,19	175	0,26	150	0,36	130
P2	-FT CP500	0,085	230	0,16	180	0,19	170	0,26	145	0,36	125
P3	-FT CP500	0,085	200	0,15	160	0,18	150	0,24	130	0,34	110
P4	-FT CP500	0,080	175	0,15	140	0,18	130	0,24	115	0,34	100
P5	-FT CP500	0,080	170	0,14	140	0,18	125	0,24	110	0,34	95
P6	-FT CP500	0,080	190	0,14	155	0,17	145	0,24	125	0,32	110
P7	-FT CP500	0,080	180	0,14	145	0,17	135	0,24	115	0,32	100
P8	-FT CP500	0,085	165	0,15	135	0,18	125	0,24	110	0,34	95
P11	-FT CP500	0,080	175	0,14	140	0,17	130	0,24	115	0,32	100
P12	-FT CP500	0,055	110	0,095	95	0,12	85	0,16	75	0,22	65
M1	-FT CP500	0,085	265	0,16	200	0,19	170	0,26	125	0,36	80
M2	-FT CP500	0,080	215	0,14	175	0,18	145	0,24	110	0,34	70
M3	-FT CP500	0,065	165	0,12	145	0,14	130	0,19	100	0,26	75
M4	-FT CP500	0,055	120	0,10	115	0,12	105	0,17	85	0,24	60
M5	-FT CP500	0,055	100	0,10	95	0,12	90	0,17	70	0,24	50
K1	-FT CP500	0,085	215	0,16	165	0,19	150	0,26	135	0,36	115
K2	-FT CP500	0,080	190	0,14	145	0,18	125	0,24	105	0,34	85
K3	-FT CP500	0,080	160	0,14	120	0,18	105	0,24	90	0,34	70
K4	-FT CP500	0,080	150	0,14	115	0,18	100	0,24	85	0,34	70
K5	-FT CP500	0,070	95	0,13	70	0,16	65	0,22	55	0,30	44
K6	-FT CP500	0,080	135	0,14	105	0,18	95	0,24	85	0,34	75
K7	-FT CP500	0,070	120	0,13	90	0,16	80	0,22	70	0,30	55
N11	-FT CP500	0,11	140	0,20	110	0,24	100	0,34	85	0,46	75
S1	-FT CP500	0,055	29	0,10	24	0,12	22	0,17	20	0,24	17
S2	-FT CP500	0,055	25	0,10	21	0,12	19	0,17	17	0,24	15
S3	-FT CP500	0,050	22	0,095	18	0,11	17	0,15	15	0,22	13



## Tabulka výdělečnosti projektu

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Počet kusů	[ks]	10 000	30 000	70 000	100 000	100 000	100 000	100 000	120 000	120 000	120 000
Náklady do 1 ks	[Kč]	479	326	196	178	179	121	122	107	108	109
Prodejní cena 1 ks	[Kč]	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Prodeje	[Kč]	3 000 000	9 000 000	21 000 000	30 000 000	30 000 000	30 000 000	30 000 000	36 000 000	36 000 000	36 000 000
Celkové náklady	[Kč]	4 787 404	9 792 611	13 752 578	17 832 012	17 930 392	12 105 965	12 206 491	12 789 204	12 906 001	13 024 063
Roční zisk před zdaněním	[Kč]	-1 787 404	-792 611	7 247 422	12 167 988	12 069 608	17 894 035	17 793 509	23 210 796	23 093 999	22 975 937
Zisk kumulovaně	[Kč]	-1 787 404	-2 580 016	4 667 407	16 835 395	28 905 002	46 799 037	64 592 546	87 803 343	110 897 342	133 873 278